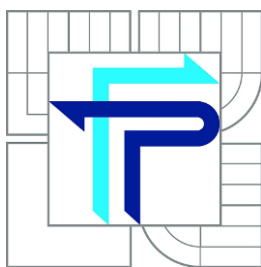


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV INFORMATIKY

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF INFORMATICS

APLIKACE FUZZY LOGIKY PŘI HODNOCENÍ DODAVATELŮ FIRMY

THE APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR RATING OF SUPPLIERS FOR THE FIRM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TEREZA ČECHÁKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. PETR DOSTÁL, CSc.

BRNO 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Čecháková Tereza, Bc.

Informační management (6209T015)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Aplikace fuzzy logiky při hodnocení dodavatelů firmy

v anglickém jazyce:

The Application of Fuzzy Logic for Rating of Suppliers for the Firm

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Cíle práce, metody a postupy zpracování

Teoretická východiska práce

Analýza současného stavu

Vlastní návrhy řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: CERM Akademické nakladatelství, 2012. 718 p. ISBN 978-80-7204-798-7, e-ISBN 978-80-7204-799-4.

DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s. ISBN 978-80-7204-747-5.

HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.

MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ. Umělá inteligence. ACADEMIA, 2003. 1440 s. ISBN 80-200-0502-1.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

L.S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
Děkan fakulty

V Brně, dne 28.2.2015

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem modelů, které umožňují vyhodnotit jednotlivé dodavatele nabízející plastová okna. Navrhnutý model využívá k hodnocení fuzzy logiku a slouží po podporu rozhodování. Model lze s drobnými obměnami opakovaně použít. Vlastní řešení je vytvořeno pomocí programu MATLAB a MS Excel.

Abstract

This master's thesis deals with design of models which allows to evaluate different plastic windows suppliers. Suggested model uses fuzzy logic to evaluate suppliers and is used as a support for decision-making. With small modifications, the model can be also used repeatedly. The solution itself is designed by MATLAB and MS Excel programs.

Klíčová slova

fuzzy logika, hodnocení dodavatelů, Excel, MATLAB

Key words

fuzzy logic, rating of supplier, Excel, MATLAB

Bibliografická citace

ČECHÁKOVÁ, T. *Aplikace fuzzy logiky při hodnocení dodavatelů firmy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2015. 76 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Petr Dostál, CSc..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne

.....
Tereza Čecháková

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce prof. Ing. Petru Dostálovi, CSc. za jeho odborné vedení, připomínky a cenné rady. Zároveň bych chtěla poděkovat společnosti HK ŠROT, s.r.o. za ochotné poskytnutí všech potřebných informací.

OBSAH

1	<i>VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE</i>	11
1.1	Cíle práce	11
1.2	Metody a postup zpracování	11
2	<i>TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE</i>	12
2.1	Fuzzy logika	12
2.2	Proces fuzzy zpracování.....	13
2.2.1	Fuzzifikace.....	13
2.2.2	Fuzzy inference.....	15
2.2.3	Defuzzifikace	16
2.3	Rozhodovací systém v MS Excel.....	17
2.3.1	Postup při tvorbě rozhodovacího systému	17
2.3.2	Prostředí VBA.....	19
2.4	Fuzzy Logic Toolbox prostředí MATLAB	22
2.4.1	FIS Editor.....	23
2.4.2	MF Editor.....	24
2.4.3	Rule Editor.....	25
2.4.4	Rule Viewer	26
2.4.5	Surface viewer	27
2.4.6	M - soubor.....	28
3	<i>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU</i>	29
3.1	Základní informace o společnosti	29
3.2	Popis projektu a důvody k realizaci	30
3.3	Důležité atributy pro hodnocení dodavatelů	32
3.4	Vybraní dodavatelé plastových oken	33
4	<i>VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ</i>	37
4.1	Rozhodovací systém v MS Excel.....	37
4.1.1	Struktura a popis systému	37
4.1.2	Testování systému na vybraném dodavateli	44
4.1.3	Hodnocení - MS Excel.....	48
4.2	Rozhodovací systém v prostředí MATLAB	50

4.2.1	Základní model	50
4.2.2	Ukázka vytvořeného fuzzy systému	53
4.2.3	Vstupní a výstupní funkce	53
4.2.4	Tvorba pravidel.....	55
4.2.5	Tvorba uživatelského rozhraní.....	57
4.2.6	Vytvoření spustitelné aplikace.....	61
4.2.7	Testování systému na vybraném dodavateli	62
4.2.8	Hodnocení - MATLAB.....	65
4.3	Vyhodnocení výběru dodavatele pomocí MS Excel a MATLAB	66
4.4	Přínos návrhu řešení	68
<i>ZÁVĚR</i>		<i>69</i>
<i>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</i>		<i>71</i>

ÚVOD

Výběr dodavatele s kvalitními výrobky není v dnešní době jednoduchá záležitost. Cena totiž často zdaleka neodpovídá kvalitě výrobků, tudíž není objektivním ukazatelem pro výběr správného dodavatele. Je potřeba sledovat i jiné parametry dodavatele, např. kvalitu výrobku, či jeho kladné reference. Manažeři pro svoje rozhodování mohou používat různé nástroje využívající principů umělé inteligence. Mezi tyto nástroje mohou patřit genetické algoritmy, neuronové sítě nebo fuzzy logika. Výhodou těchto informačních technologií je zjednodušení rozhodování a možnost zpracovávat velké množství dat.

Tato diplomová práce je zaměřena na využití fuzzy logiky při hodnocení dodavatelů plastových oken. Výsledný systém bude vytvořen v MS Excel a následně pomocí fuzzy toolboxu v MATLABu. Následovat by mělo porovnání výsledků obou systémů a vyhodnocení několika vybraných dodavatelů.

1 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

1.1 Cíle práce

Hlavním cílem této práce je vytvoření rozhodovacího systému pro výběr dodavatele plastových oken založeného na využití fuzzy logiky. Rozhodovací systém bude vytvořen pomocí MS Excel a MATLAB a následně budou porovnány výsledky obou systémů.

Systém bude realizován primárně pro firmu HK ŠROT s.r.o., která hledá dodavatele plastových oken pro stavbu nové pobočky. Využití systému však bude možné i pro jiné firmy nebo fyzické osoby s drobnými modifikacemi dle aktuálních potřeb a požadavků.

1.2 Metody a postup zpracování

Práce se zabývá tvorbou rozhodovacích systémů pro výběr dodavatele pro firmu. Pro rozhodovací mechanismus budou použity principy fuzzy logiky. Pro samotnou implementaci budou využity prostředky MS Excel a Visual Basic for Applications a MATLAB - Fuzzy Logic Toolbox. Po konzultaci se zástupci firmy budou vybrány důležité atributy pro hodnocení dodavatele.

Diplomová práce bude rozdělena na čtyři základní části. První část bude obsahovat teoretická východiska práce, tzn. základní pojmy fuzzy logiky a aplikace, které jsou pro vypracování práce nezbytné. Druhá část bude představena společnost HK ŠROT, s.r.o. a popsání dodavatelé a jejich atributy, podle kterých budou hodnoceni. Třetí část bude obsahovat samotné řešení, tj. popis jednotlivých částí systémů jak v MS Excel, tak v MATLABu a vyhodnocení dodavatelů na základě výsledků obou systémů. Poslední část, tedy závěr, shrne dosažené výsledky a celou práci.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Fuzzy logika

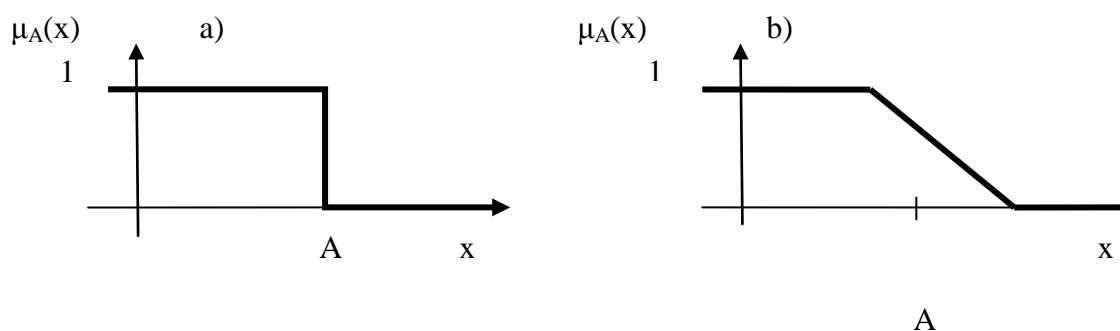
Fuzzy logika byla poprvé představena profesorem Lotfí Zadehem na Kalifornské univerzitě roku 1965. Slovo fuzzy pochází z angličtiny a znamená "neostrý", "neurčitý", "nejasný". Fuzzy logika je druh logiky, která na rozdíl od klasické logiky, rozeznává více než jen pravdivé a nepravdivé hodnoty [1].

V klasické teorii ostrých množin prvek A buď do množiny patří nebo nepatří. Charakteristická funkce $\mu_A(x)$ nabývá hodnot buď 1 nebo 0.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{pro } x \in A \\ 0 & \text{pro } x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

V případě neostrých fuzzy množin je náležitost prvku do množiny popsána stupněm, s jakým prvek A do této množiny patří. Charakteristické funkce se pak nazývají funkce příslušnosti (membership functions) [1].

$$\mu_A(x) \in \langle 0,1 \rangle \quad (2.2)$$



Obrázek 1: a) Charakteristická funkce množiny $\mu_A(x)$, b) Funkce příslušnosti $\mu_A(x)$ (Zdroj: [4])

Princip fuzzy logiky tedy spočívá v určení "jak moc" prvek do množiny patří či nepatří. Příslušnost je reprezentována v rozmezí 0 - 1, kde 0 znamená úplné nečlenství a 1 znamená úplné členství. Je zde tedy nekonečně mnoho možností. Rozdíl mezi klasickou logikou a fuzzy logikou lze demonstrovat pomocí následujícího obrázku [1].



Obrázek 2: Ostrá a neostrá (fuzzy) hranice mezi množinami (Zdroj: [2])

Na levém obrázku lze vidět ostré hranice mezi množinami, což značí klasickou množinu. Hranice na pravém obrázku jsou neostré, rozmazané - fuzzy. Charakteristická funkce množiny může tedy nabývat hodnot v intervalu $\langle 0,1 \rangle$ [2].

2.2 Proces fuzzy zpracování

Při řešení problému metodou fuzzy provádíme tři základní kroky a to jsou fuzzifikace, fuzzy inference a defuzzifikace.

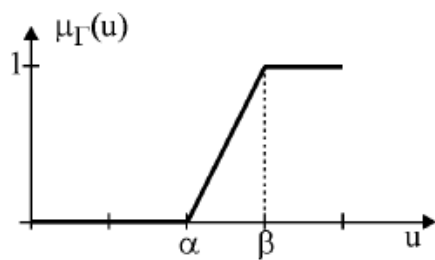


Obrázek 3: Rozhodování řešení fuzzy zpracováním (Zdroj: [1])

2.2.1 Fuzzifikace

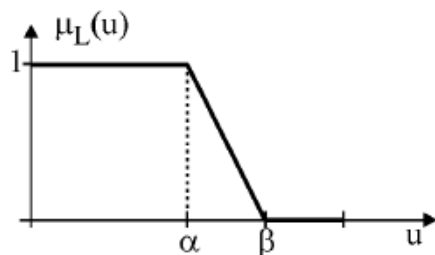
V prvním kroku se převedou reálné proměnné na jazykové proměnné, jejichž hodnoty jsou slova nebo věty přirozeného nebo umělého jazyka. Takto reprezentované proměnné jsou blízké lidskému uvažování. Jazykovou proměnnou lze popsat pomocí uspořádané čtveřice $\langle X, LX, U, M_x \rangle$, kde X je název jazykové proměnné, LX je množina jejích slovních hodnot, U je univerzum ve kterém se daná fyzikální veličina pohybuje, M_x představuje funkci vyjadřující význam slovních hodnot pomocí fuzzy množin [2].

Existuje celá řada funkcí příslušnosti. Z důvodu jednoduchosti jsou nejčastěji používány po částech lineární funkce.



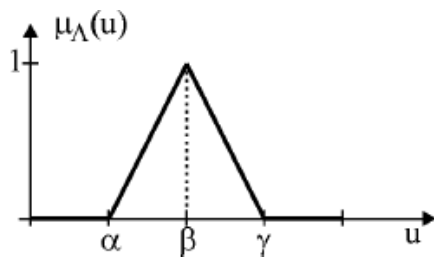
$$\Gamma(u, \alpha, \beta) = \begin{cases} 0 & u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ 1 & u > \beta \end{cases}$$

Obrázek 4: Průběh a definice Γ funkce (Zdroj: [2])



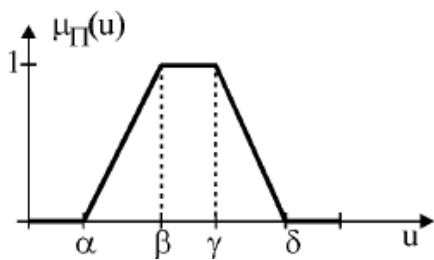
$$L(u, \alpha, \beta) = \begin{cases} 1 & u < \alpha \\ (\beta - u) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ 0 & u > \beta \end{cases}$$

Obrázek 5: Průběh a definice L funkce (Zdroj: [2])



$$\Lambda(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ (\gamma - u) / (\gamma - \beta) & \beta \leq u \leq \gamma \\ 0 & u > \gamma \end{cases}$$

Obrázek 6: Průběh a definice Λ funkce (Zdroj: [2])

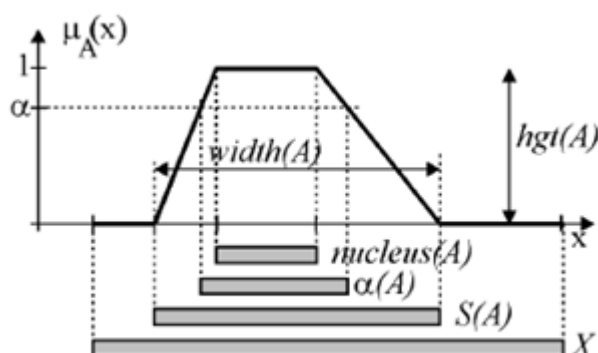


$$\Pi(u, \alpha, \beta, \gamma, \delta) = \begin{cases} 0 & u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ 1 & \beta \leq u \leq \gamma \\ (\delta - u) / (\gamma - \delta) & \gamma \leq u \leq \delta \\ 0 & u > \delta \end{cases}$$

Obrázek 7: Průběh a definice Π funkce (Zdroj: [2])

Vlastnosti fuzzy množin

Každá fuzzy množina má určité měřitelné hodnoty. Jedná se o výšku, šířku, jádro, α -řez, nosič a univerzum. Jádro fuzzy množiny A lze definovat jako ostrou množinu všech prvků, jejichž funkce příslušnosti je 1. Prvky fuzzy množiny A , jejichž stupeň příslušnosti je větší nebo roven α označujeme α -řez. Nosič fuzzy množiny A je ostrá množina všech prvků univerza X , které mají kladnou funkci příslušnosti. Univerzum je množina prvků s kladnou i zápornou funkcí příslušnosti, na které je fuzzy množina A definována [2].



Obrázek 8: Vlastnosti fuzzy množiny (Zdroj: [2])

$hgt(A)$ - výška fuzzy množiny

$width(A)$ - šířka fuzzy množiny

$nucleus(A)$ - jádro fuzzy množiny

$\alpha(A)$ - α -řez fuzzy množiny

$S(A)$ - nosič fuzzy množiny

X - univerzum

2.2.2 Fuzzy inference

Ve druhém kroku se na základě vstupních a výstupních hodnot nadefinují pravidla pomocí podmínek <Když>, <Potom>. Podmínka je vyjádřena formou implikace dvou fuzzy výroků jako:

KDYŽ <fuzzy výrok - antecedent> POTOM <fuzzy výrok - konsekvent>.

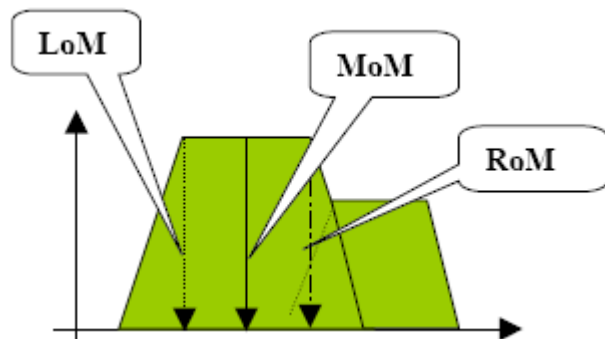
Jednotlivé výroky jsou vázány logickými spojkami (AND, OR). Pravidla tedy určují vztah mezi zvolenými vstupními a výstupními hodnotami. Každému pravidlu je třeba dále přiřadit jeho váhu. Výstupem fuzzy inference je jazyková proměnná [5].

2.2.3 Defuzifikace

Pomocí pravidel bude výstup ve tvaru fuzzy množiny. Proces defuzifikace pak nahradí fuzzy množinu jediným číslem. Existuje několik defuzifikačních metod, které je možné rozdělit do dvou skupin - metody nejlepšího kompromisu (metoda těžiště), metody přijatelného řešení (metody nejvýznamnějšího maxima) [2].

Metoda nejvýznamnějšího maxima

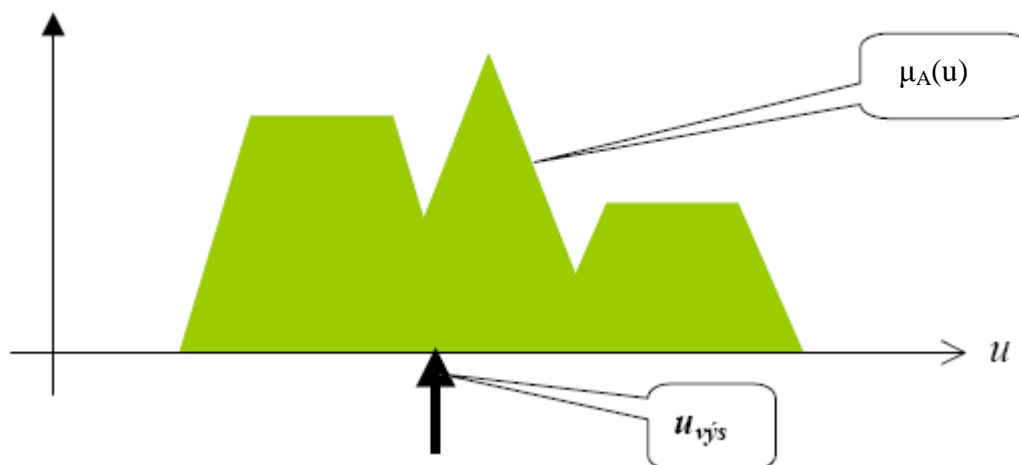
Tato metoda vybírá ze všech jazykových výrazů ten s největší hodnotou funkce příslušnosti. Umístění maximální hodnoty na ose x určí ostrou hodnotu výstupní veličiny. Mezi tuto skupinu metod patří metody Left of Maximum (LoM), Mean of Maximum (MoM), Right of Maximum (RoM), kde ostrým výsledkem je hodnota z největší funkce příslušnosti ležící nejvíce, vlevo, uprostřed, vpravo [4].



Obrázek 9: Metoda nejvýznamnějšího maxima (Zdroj: [4])

Metoda těžiště (střed plochy)

Tato metoda je snad nejpobulárnější metodou, která z průběhů výstupních hodnot určí ostrou výstupní proměnnou jako jejich těžiště. Tato metoda nezohledňuje plochu, kde se jednotlivé funkce překrývají, tudíž je plocha překrytí započtena jen jednou [4].



Obrázek 10: Metoda těžiště (Zdroj: [4])

Výstupní hodnota se určí pomocí následujícího vztahu:

$$u_{výstup} = \frac{\int u \cdot \mu(u) \cdot d(u)}{\int \mu(u) \cdot d(u)} \quad (3.2)$$

2.3 Rozhodovací systém v MS Excel

MS Excel je tabulkový editor od firmy Microsoft. Nabízí širokou škálu matematických, statistických, a finančních funkcí a možnost provádět složitější odborné analýzy. Součástí každého z produktů MS Office je Visual Basic for Applications (VBA). Jedná se o objektový skriptovací jazyk vycházející z Visual Basic. Tento jazyk lze využít pro tvorbu maker, formulářů, funkcí, aplikací s grafickým uživatelským rozhraním, apod [7].

2.3.1 Postup při tvorbě rozhodovacího systému

Pro vytvoření modelu v MS Excel jsou nutné tři tabulky. Jako první krok se vytvoří popis transformační matice, kde v hlavičce jsou jednotlivé atributy, které budeme v modelu uvažovat. Po stanovení atributů a určení hodnot jakých mohou nabývat, se k jednotlivým hodnotám přiřadí jejich váha [1].

Tabulka 1: Transformační matice - popis (Zdroj: vlastní zpracování)

Transformační matice	
Vstup 1	Vstup 2
Malý	Ano
Střední	Ne
Velký	

Tabulka 2: Transformační matice - ohodnocení (Zdroj: vlastní zpracování)

TM - ohodnocení	
Vstup 1	Vstup 2
10	8
5	3
3	

Na základě vstupních hodnot a transformační matice se sestaví stavová matice, kde 1 znamená, že zadaný atribut nabývá zvolené hodnoty, 0 znamená, že nenabývá. V následující tabulce je matice vyplněná pro vstup, který má hodnoty Vstup1 = Malý a Vstup2 = Ne.

Tabulka 3: Stavová matice (Zdroj: vlastní zpracování)

Stavová matice	
Vstup 1	Vstup 2
1	0
0	1
0	

Na závěr se z transformační a stavové matice vypočte skalární součin, který slouží jako bodové hodnocení pro retransformační matici. Jeho vzorec je následující:

$\text{SUMPRODUCT}((\text{Transformacni_matice}) * (\text{Stavova_matice})).$

Pro konkrétní aplikaci je ještě třeba do vzorce doplnit rozsahy buněk jednotlivých matic, viz následující vztah:

$Soucet = SUMPRODUCT((Transformacni_matice!A13:H16) * (Stavova_matice!A3:H6)).$

Poslední retransformační matice obsahuje číselný výsledek patřící do některého ze zvolených intervalů, podle maximální (Max_hodnota) a minimální (Min_hodnota) možné dosažené hodnoty. Výsledná hodnota může být vyjádřena v procentech podle vztahu:

$$Procenta = (Soucet - Min_hodnota) / (Max_hodnota - Min_hodnota) * 100$$

Výsledek lze pak převést i na slovní hodnocení.

Tabulka 4: Retransformační matice (Zdroj: vlastní zpracování)

odpovídá požadavkům	81-100 %
spíše odpovídá požadavkům	66-80 %
spíše neodpovídá požadavkům	51-65 %
neodpovídá požadavkům	0-50 %
Výsledek:	%

2.3.2 Prostředí VBA

VBA je programovací jazyk, který umožňuje vytvářet složitější programové struktury, využívá podmínek, cyklů, proměnných, předdefinovaných funkcí a dalších výhod programovacího jazyka.

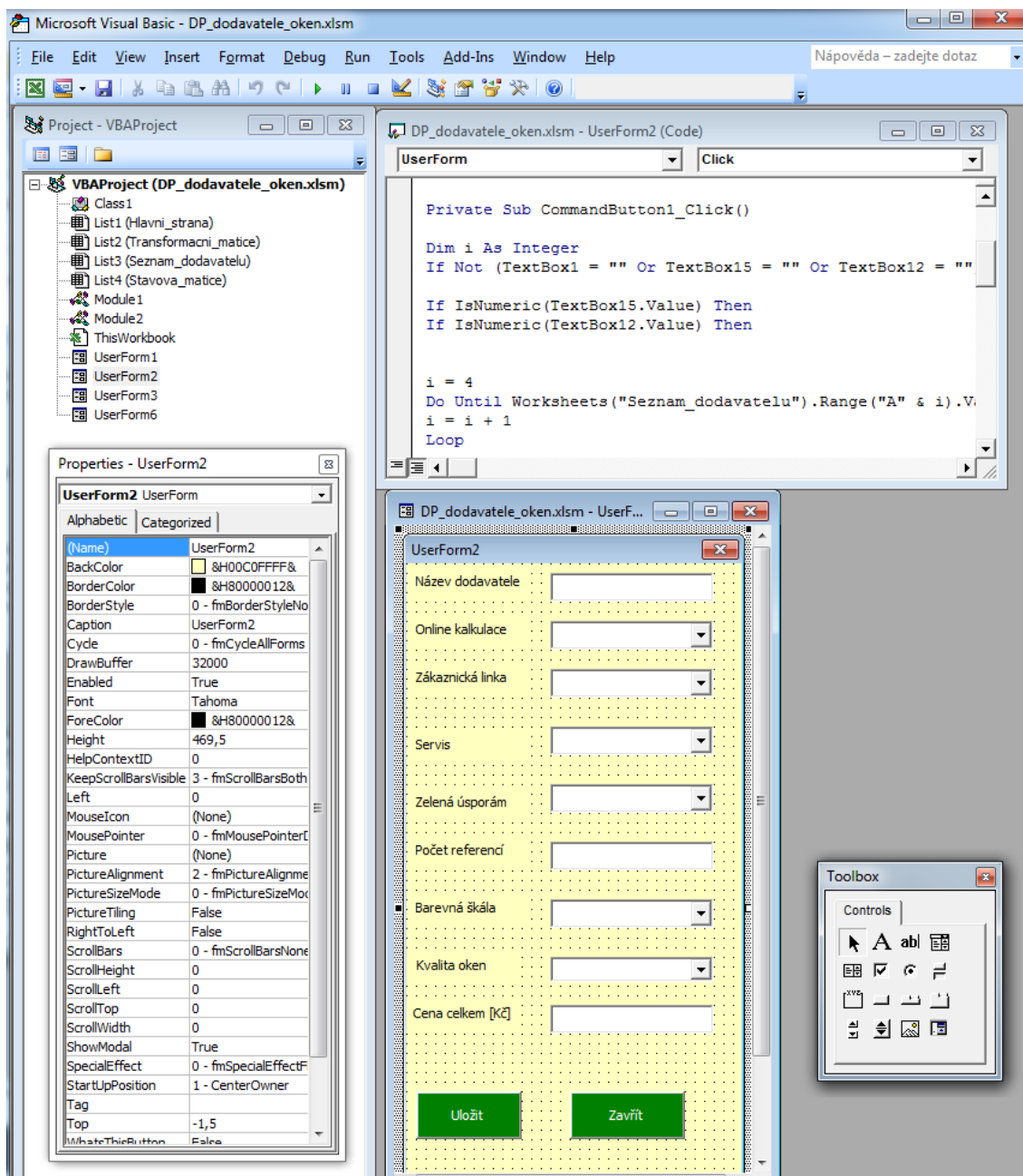
Prostředí tohoto editoru zahrnuje několik základních částí. Jsou to menu, okno pro vytvoření kódu, okno pro úpravu vlastností, okno projektu, okno formuláře a ovládací prvky, okno nástrojů [6].

Struktura projektu

Projekt je rozdělen na jednotlivé listy, moduly a formuláře. Na jednotlivé listy lze vkládat různé ovládací prvky ActiveX jako například příkazová tlačítka, pole se seznamem, zaškrtačací políčko, textové pole, obrázek a další. Poklepáním na prvky se zobrazí okno pro psaní kódu.

Uživatelské formuláře slouží pro tvorbu grafického uživatelského rozhraní (GUI). Formuláře umožňují načíst data z listů, zpracovat je a zase uložit na jakýkoliv list. Kliknutím na příkazové tlačítko se určený formulář zobrazí. Formuláře obsahují různé ovládací prvky, které je možné vybrat v Toolboxu. Ovládací prvky jsou velmi podobné prvkům ActiveX a plní stejnou funkci. Při programování formulářů můžeme nastavit jeho jméno, barvu, velikost, viditelnost a jiné vlastnosti nebo ošetřit vstupní hodnoty některých ovládacích prvků, např. u Textboxu. Formuláře a ovládací prvky dokážou zpracovávat data z buněk na jednotlivých listech a využívat předdefinované funkce MS Excelu. Výhodou je, že na rozdíl od klasických funkcí v MS Excel, kde se funkce vážou na danou buňku, ve VBA lze výsledek funkce zapsat do kterékoliv buňky na listu.

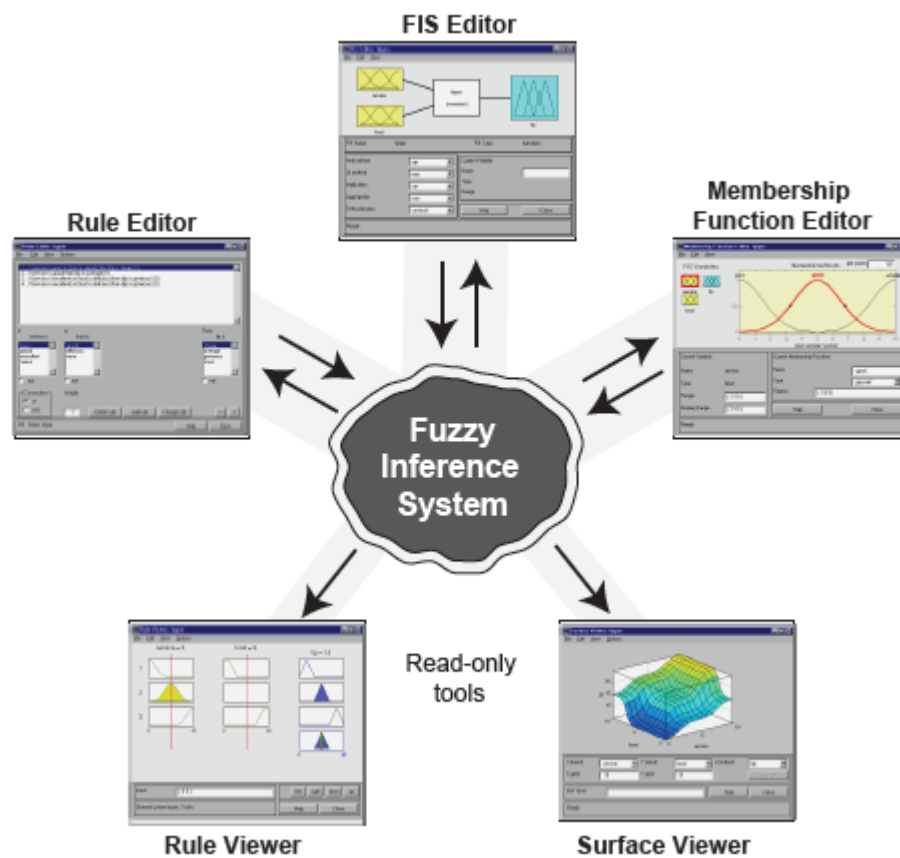
Dalším prvkem je modul, který umožňuje nadefinování veřejných proměnných, které se budou využívat v celém projektu. V případě opakujících se procedur, či potřeby opakované volání funkcí poslouží modul, do kterého tyto funkce a procedury zapíšeme [6].



Obrázek 11: Editor VBA (Zdroj: vlastní zpracování)

2.4 Fuzzy Logic Toolbox prostředí MATLAB

Fuzzy Logic Toolbox je jedním z toolboxů simulačního prostředí MATLAB. Pomocí tohoto toolboxu lze vytvářet a upravovat fuzzy systém pomocí grafických nástrojů nebo příkazového řádku. Ve fuzzy toolboxu existuje 5 základních grafických nástrojů pro vytváření, editaci a náhled fuzzy inferenčního systému. Jsou to: FIS editor (Fuzzy inference system editor), MF editor (Membership function editor), Rule editor, Rule viewer a Surface viewer [3].

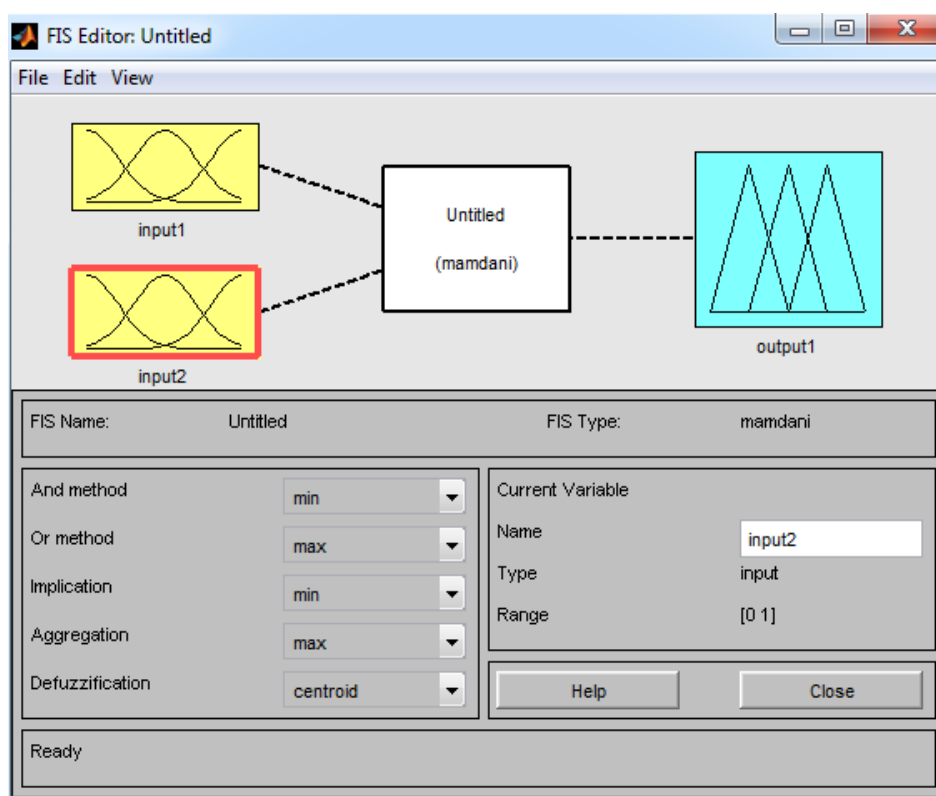


Obrázek 12: Hlavní komponenty fuzzy inferenčního systému (Zdroj: [3])

2.4.1 FIS Editor

Pomocí FIS Editoru se definují základní parametry navrhovaného fuzzy systému. Jsou to počet a názvy vstupních a výstupních proměnných, metody defuzzifikace a metody AND a OR, způsob implikace a agregace.

FIS Editor lze spustit zadáním příkazu *fuzzy* v okně Command Window v MATLABU. Po zadání příkazu se otevře okno, kde je standardně k dispozici jedna vstupní proměnná, jedna výstupní proměnná a typ fuzzy systému Mamdani [9].



Obrázek 13: FIS editor (Zdroj: vlastní zpracování)

Výsledný fuzzy systém vytvořený ve FIS editoru lze pak uložit jako strukturu do Workspace nebo jako soubor s příponou .fis. S takto vytvořeným a uloženým fuzzy systémem lze pak dále pracovat v MATLABu nebo v jeho simulační nádstavbě Simulink pomocí bloku *fuzzy logic controller* [3].

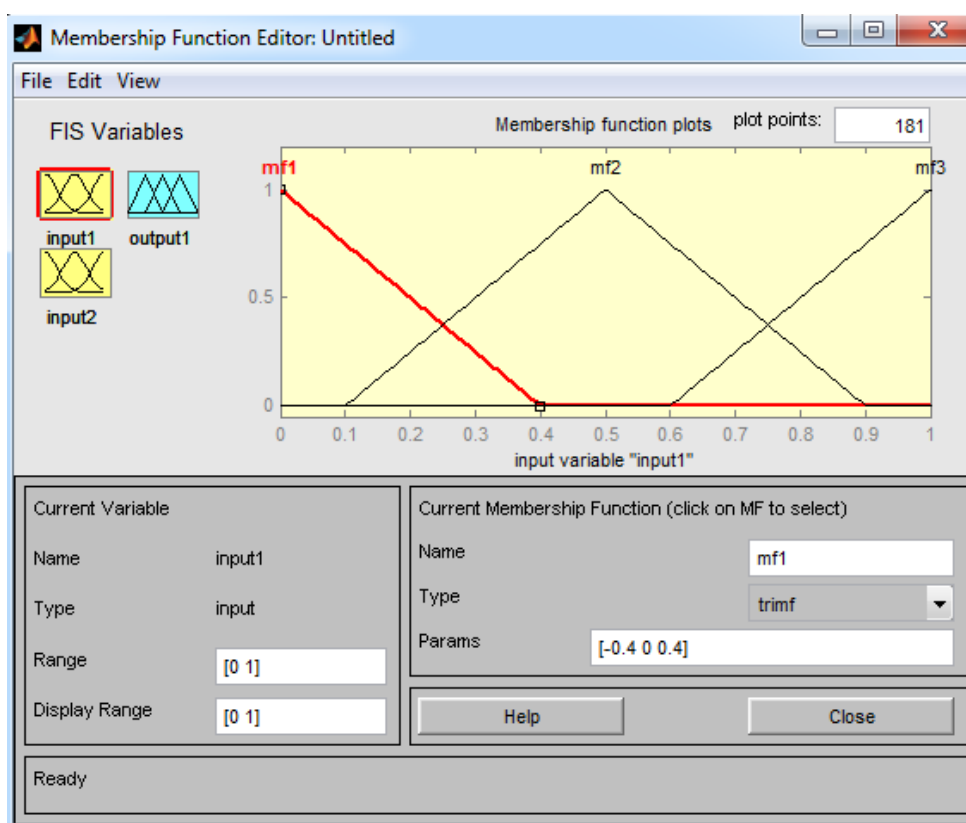
2.4.2 MF Editor

Editor umožňuje zobrazit a upravit všechny funkce příslušnosti (členství). Lze definovat různé typy a tvary funkcí příslušnosti. K dispozici je jich hned několik, např.:

- trimf (trojúhelníková Λ funkce)
- trapmf (Π funkce, případně Γ nebo L funkce)
- hladké funkce typu gaussmf, gbellmf, a jiné.

V dolní části okna lze pak nastavit jména, rozsahy a počet těchto funkcí pro jednotlivé vstupní a výstupní proměnné.

Pomocí záložky Edit lze dále přidávat a mazat jednotlivé funkce členství pro vstupní i výstupní proměnné [9].

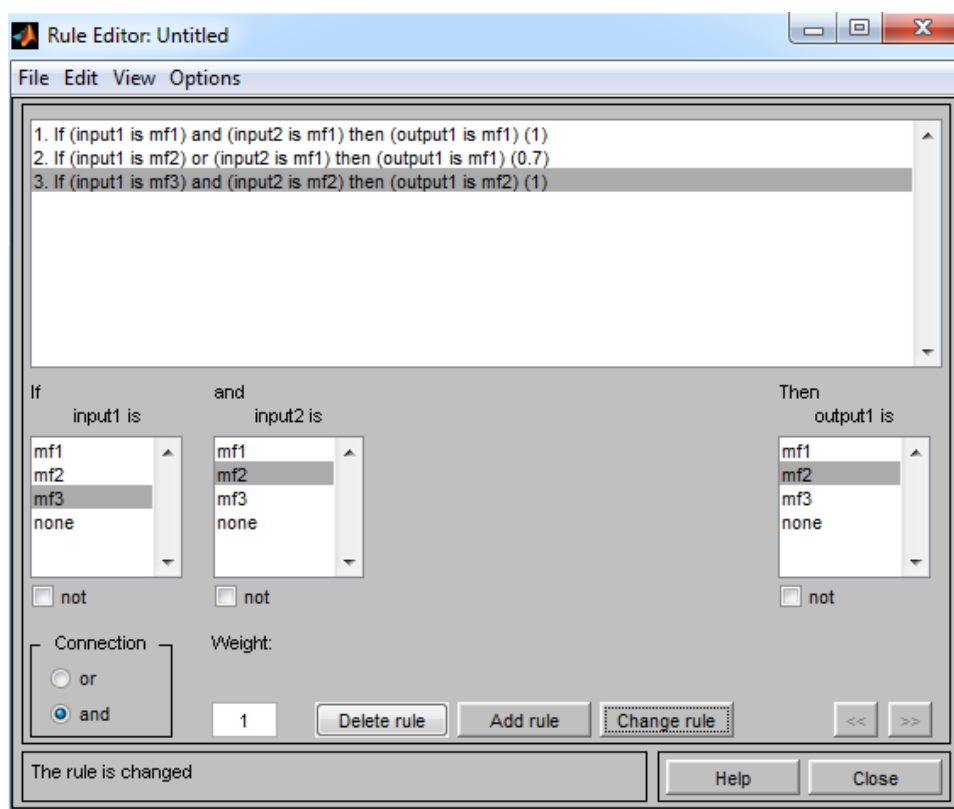


Obrázek 14: Membership editor (Zdroj: vlastní zpracování)

2.4.3 Rule Editor

V tomto editoru je možné přidávat, editovat a mazat fuzzy pravidla, které určují závislost mezi vstupními a výstupními proměnnými. Pod seznamem pravidel jsou jednotlivé hodnoty (jména funkcí příslušnosti), kterých mohou nabývat proměnné. Jednotlivé hodnoty se spojují pomocí operátorů AND nebo OR. Při tvorbě pravidla se vyberou hodnoty jednotlivých vstupních proměnných a jejich vzájemný vztah a odpovídající hodnota výstupní proměnné. Lze také nastavit váhu pravidla.

Na následujícím obrázku je ukázka tvorby pravidel v Rule Editoru. Fuzzy systém je zde tvořen dvěma vstupními proměnnými, každá se třemi funkcemi členství a jednou výstupní proměnnou. Pravidla jsou zde tvořena tak, aby byly ukázány různé možnosti nastavení, které Rule Editor umožňuje, tj. využití operátorů AND i OR a změna váhy pravidla [1].

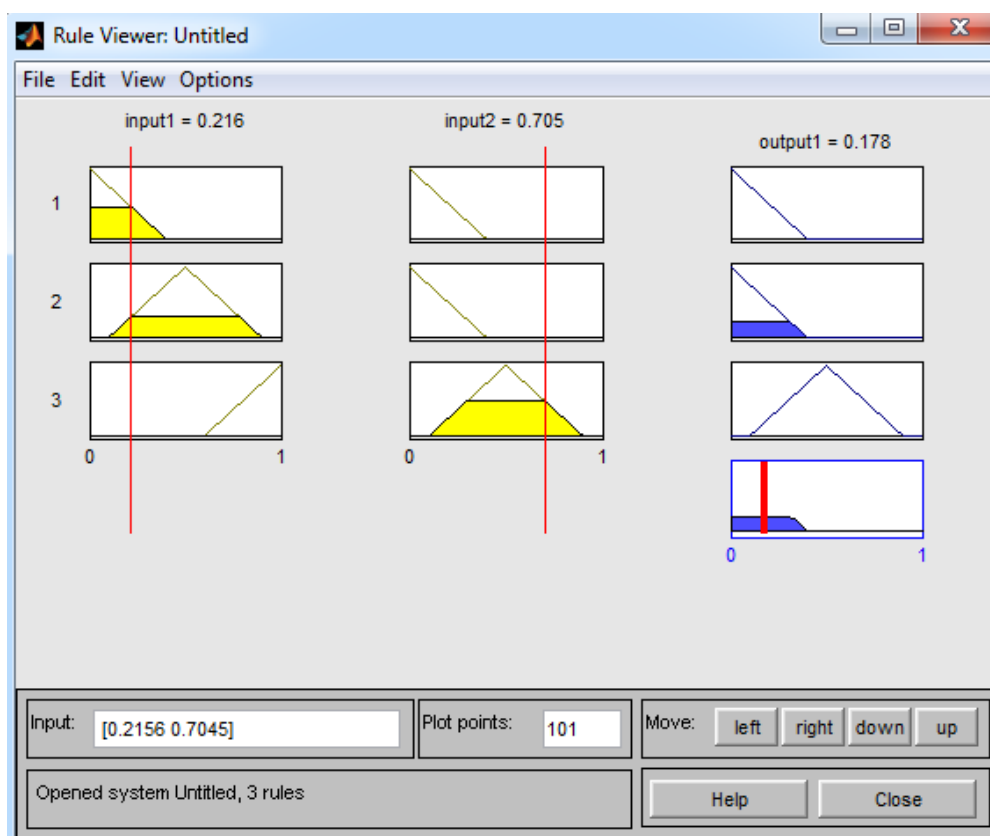


Obrázek 15: Rule editor (Zdroj: vlastní zpracování)

2.4.4 Rule Viewer

Rule Viewer slouží ke grafickému zobrazení nadefinovaných pravidel a výsledků inference. Lze zobrazit konkrétní hodnotu výstupu pro konkrétní hodnoty vstupů. Umožňuje zobrazení detailního chování fuzzy systému, diagnostiku specifických pravidel, sledování vlivu změn vstupních proměnných. Hodnoty jednotlivých vstupních proměnných lze měnit pomocí kurzorů.

Ukázka použití Rule Vieweru je na Obrázek 16. V tomto případě fuzzy systém obsahuje dvě vstupní proměnné a jednu výstupní proměnnou, kde se na základě nadefinovaných pravidel pomocí Rule editoru změnou hodnot vstupů input1 a input2 mění odpovídajícím způsobem hodnoty výstupu output1 [3].

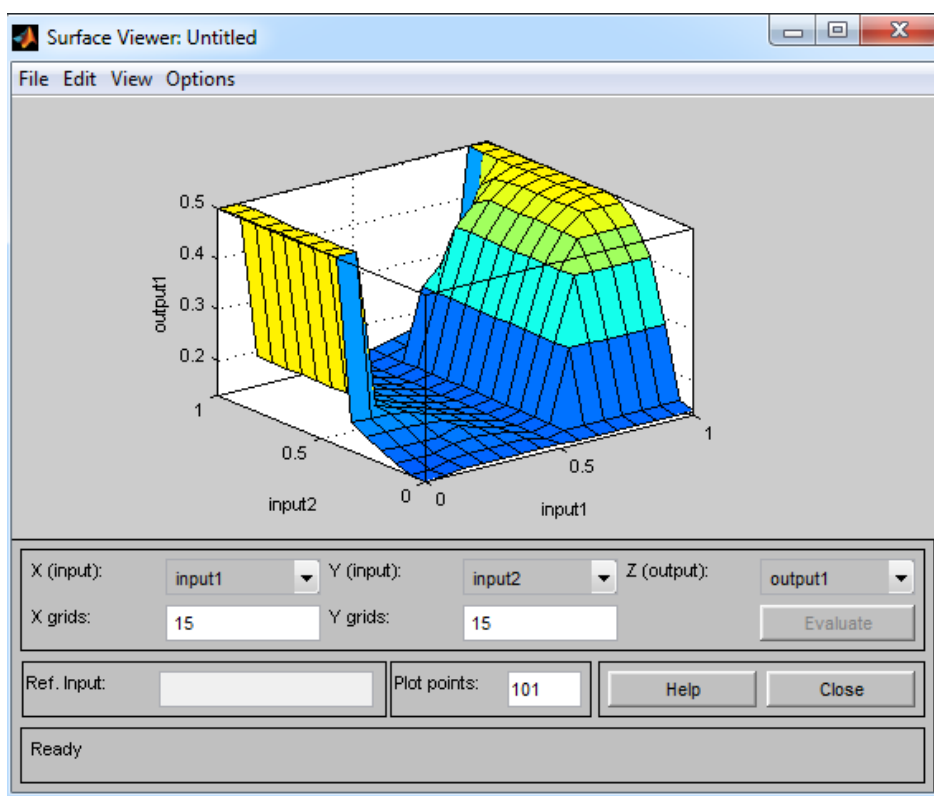


Obrázek 16: Rule viewer (Zdroj: vlastní zpracování)

2.4.5 Surface viewer

Slouží k trojrozměrnému grafickému zobrazení závislosti výstupu na vstupech podle nadefinovaných pravidel v Rule editoru. Surface viewer dokáže zobrazovat funkci jedné vstupní proměnné, potom výsledek je zobrazen jako plocha, nebo dvou proměnných, kde výsledek je zobrazen pomocí 3D grafu, na nějž lze nahlížet z různých pohledů.

Ukázka Surface Vieweru je na následujícím obrázku. Zde je zobrazena plocha systému, která znázorňuje závislost výstupu output1 na hodnotách vstupních proměnných input1 a input2. Plocha vychází z pravidel nadefinovaných pomocí Rule Editoru, viz Obrázek 15, kde byla pravidla volena spíše ilustrativně. Takto navržený systém reprezentuje systém, u kterého jsou významné pouze krajní stavy [3].



Obrázek 17: Surface viewer (Zdroj: vlastní zpracování)

2.4.6 M - soubor

M - soubory jsou Matlabovské skripty sloužící k ukládání posloupností příkazů nebo k ukládání uživatelských funkcí. Jsou to obyčejné textové soubory, proto se mohou psát v libovolném textovém editoru. Tyto *.m soubory je možné po spuštění využít ke zprostředkování uživatelského rozhraní.

Pro načtení požadovaného fuzzy inferenčního systému ze souboru slouží příkaz:

```
Fismat = READFIS('filename').
```

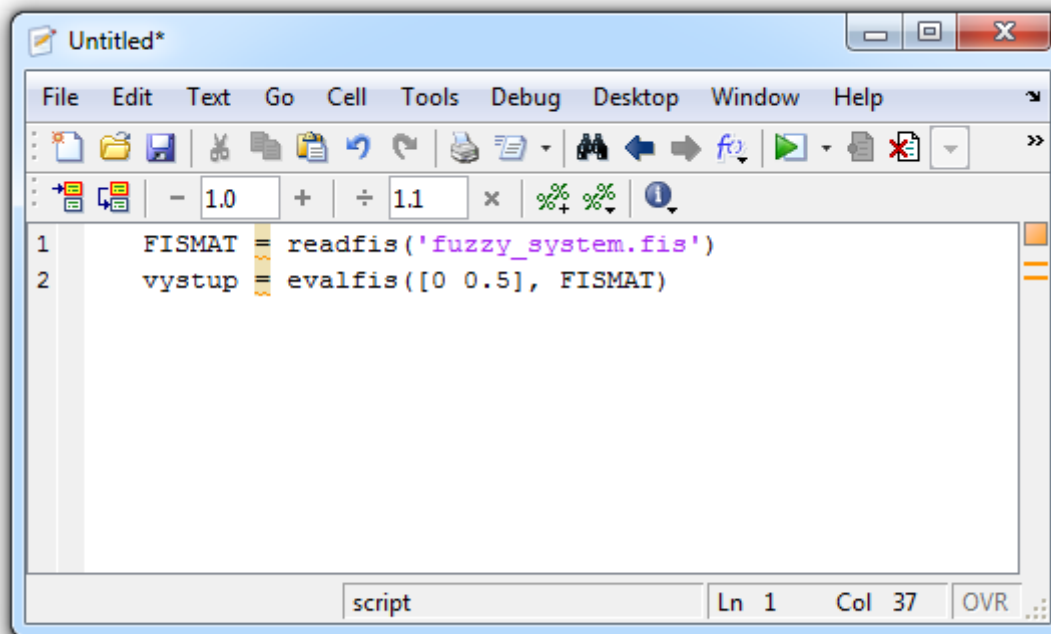
Funkce *readfis* načte fuzzy systém uložený v souboru s příponou .fis a importuje tento výsledný soubor do Workspace. Ve Workspace je potom tento fuzzy systém reprezentován jako datová struktura.

Pro vyhodnocení fuzzy systému slouží příkaz:

```
output = EVALFIS(input, Fismat).
```

Funkce *evalfis* má dva parametry, prvním je vstup jako číslo nebo vektor vstupních hodnot a druhým je fuzzy struktura [3].

Ukázka kódu pracujícího s fuzzy systémem je na Obrázek 18.



Obrázek 18: M-soubor s příkazy pro práci s fuzzy systémem (Zdroj: zpracování vlastní)

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Základní informace o společnosti

Název firmy: HK ŠROT, s.r.o.

Sídlo: Náměstí Svobody 3, Frýdek – Místek 73801

IČO: 25907247

Předmět podnikání:

- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona
- silniční motorová doprava - nákladní provozovaná vozidly nebo jízdními soupravami o největší povolené hmotnosti přesahující 3,5 tuny, jsou-li určeny k přepravě zvířat nebo věcí, - nákladní provozovaná vozidly nebo jízdními soupravami o největší povolené hmotnosti nepřesahující 3,5 tuny, jsou-li určeny k přepravě zvířat nebo věcí
- podnikání v oblasti nakládání s nebezpečnými odpady [11].

Společnost vznikla v roce 2002 a zabývá se nakládáním s kovovými odpady a barevnými kovy. V roce 2004 získala povolení k nakládání s nebezpečnými odpady a v roce 2008 začala provádět ekologickou likvidaci vozidel. Společnost je nyní stabilní společností, která se neustále rozvíjí a drží si své dobré jméno [10].



Obrázek 19: Logo společnosti HK ŠROT, s.r.o. (Zdroj: [10])

3.2 Popis projektu a důvody k realizaci

Společnost disponuje volnými finančními zdroji, kvalitními technologiemi, které obsluhuje vyškolený kvalitní personál. Tyto silné stránky jsou vhodnou startovací pozicí pro rozšíření činnosti, což způsobí upevnění svého postavení na trhu. Pro využití příležitosti rozšíření je nutné, aby společnost disponovala dostatečně velkým množstvím skladovacích a výkupních prostor, bez nich by bylo rozšíření činnosti takřka nemožné.

Společnost HK ŠROT s.r.o. se tedy rozhodla pro rozšíření své činnosti vystavět novou pobočku. Po poradě s vedením zvolili variantu, že pro výstavbu pobočky si nebudou najímat jednu stavební firmu, která vše zajistí. Na jednotlivé části pobočky si najmou jednotlivé firmy z důvodu využití i vlastních zdrojů. Je tedy velmi důležité, aby byli vybráni kvalitní dodavatelé. Proto jsem navrhla systém, který pomůže společnosti nalézt dodavatele oken podle jejich přání. Tento systém lze využít i při stavbě jiných budov nebo dalších poboček. Společnost má dále v plánu vystavět ještě polyfunkční dům, kde mnou navržený systém opět využijí.

V současné době společnost disponuje dvěma pobočkami ve Starém městě a Orlové. Vzhledem k neustálému rozvoji společnosti jsou zapotřebí nové skladovací prostory. Nová pobočka bude postavena v Orlové Porubě a bude sloužit jako vážná místnost pro barevné kovy a hlavním důvodem je potřeba navýšení skladovacích prostor. V Tabulka 5 jsou uvedeny typy, rozměry a počty všech oken, které budou potřeba k výstavbě pobočky. Veškeré údaje jsou vypsány ze stavebního plánu zmíněné pobočky [10].

Pro snadné rozeznání pobočky od konkurence bude samotná pobočka postavena v podobném stylu jako všechny ostatní. Tudiž bude mít červenou fasádu s červenými okny. Střecha bude mít modré tašky.

Tabulka 5: Požadavky společnosti HK ŠROT s.r.o. na okna (Zdroj: [19])

Označení	Popis oken	Rozměr	Počet
O1	Okno plastové (pětikomorový profil) tříkřídlové dělené sloupky, boční křídla pevná, střední křídlo otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	2400x2000	4
O2	Okno plastové (pětikomorový profil) tříkřídlové dělené sloupkem, samostatné křídlo otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	2400x2000	3
O3	Okno plastové (pětikomorový profil) jednokřídlové, otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	500x800	3
O4	Okno plastové (pětikomorový profil) jednokřídlové, otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	1200x1400	3
O5	Okno plastové (pětikomorový profil) jednokřídlové, otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	1500x1400	4
O6	Okno plastové (pětikomorový profil) tříkřídlové dělené sloupkem, samostatné křídlo otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	2100x1400	1
O7	Okno plastové (pětikomorový profil) tříkřídlové dělené sloupkem, samostatné křídlo otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	2400x1400	2
O8	Okno plastové (pětikomorový profil) dvoukřídlové, otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	1750x1400	2
O9	Okno plastové (pětikomorový profil) tříkřídlové dělené sloupky, boční křídla pevná, střední křídlo otevírané a sklápěcí, zasklení izolačním dvojsklem	2700x1400	1
O10	Vnitřní okno plastové výsuvné, zasklení izolačním dvojsklem	900x600	1

3.3 Důležité atributy pro hodnocení dodavatelů

Výběr vhodných kritérií pro hodnocení vychází z obecných atributů, aby výsledný model mohl být použitelný opakovaně. Neméně důležitá byla konzultace s pracovníkem firmy, který je zodpovědný za řízení průběhu projektu stavba nové pobočky. Po vzájemné domluvě byla vybrána následující kritéria.

Online kalkulace - jedná se o výběr parametrů oken a jejich příslušenství prostřednictvím internetu, možnost nezávazné poptávky a získání cenové nabídky. Výhodou je hlavně jednoduchost a rychlost obsluhy.

Zákaznická linka - je bezplatná linka, kde se zákazníci mohou na firmu obrátit s dotazy ohledně produktů, služeb nebo dalších záležitostí.

Servis - zahrnuje většinou běžné seřízení, odbornou údržbu nebo případné závady oken. Někteří dodavatelé nabízejí jen záruční servis, jiní i pozáruční a to dokonce i na okna od jiných výrobců.

Zelená úsporám - jedná se o program Ministerstva životního prostředí zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje energie. V rámci tohoto programu lze získat dotace.

Reference - je důležité znát názor předchozích zákazníků na práci firmy a zda firma odvádí kvalitní práci. Proto je tento atribut také poměrně důležitým kritériem pro hodnocení kvality dodavatele. Myšleny jsou pouze kladné reference.

Barevná škála - v dnešní době jsou většinou možnosti barev rámců oken velké. Je možné mít okna v základních barvách, jako jsou různé odstíny hnědé, bílé až po netypické barvy jako je zelená, oranžová, modrá, červená atd. Přáním společnosti HK ŠROT, s.r.o. byly červené vnější okenní rámy.

Kvalita dodávaných oken - po poradě s pracovníkem stavební společnosti byla na základě jejich několikaletých zkušeností ohodnocena kvalita oken z pohledu jejich funkčnosti, zpracování a počtu reklamací.

Cena - jeden z velmi důležitých parametrů. Často je cena rozhodující atribut, avšak neměla by být jediným kritériem pro hodnocení dodavatele. Vždy je důležité uvažovat spíše poměr ceny a kvality, případně dalších důležitých atributů.

Výše uvedené atributy mohou společnosti ušetřit náklady. V případě, že potenciální dodavatel má online kalkulaci, může společnost požádat o nezávaznou poptávku. Jednotlivé poptávky pak porovná a vybere pro něj tu nejvhodnější. I když dodavatel nabídne nízkou/ vysokou cenu, to neznamená, že i samotná montáž bude kvalitní. V tomto případě se bude společnosti hodit zákaznická linka, která je zdarma. Zákazníkovi např. poradí jak postupovat v případě reklamace. Pokud již okna nejsou v záruce a vyskytne se nějaká závada, je dobré vědět, že dodavatel, který namontoval okna, poskytne i jejich opravu.

3.4 Vybraní dodavatelé plastových oken

Hlavním kritériem pro výběr dodavatelů bylo umístění jejich pobočky v Moravskoslezském kraji z důvodu osobní komunikace s dodavatelem, převedení nabízených produktů a dostupnější dopravy samotných oken.

ADITUS CZ, s.r.o.

Společnost vznikla v roce 2004 a sídlí v Ostravě. Jejich zakázky jsou rozmanité, mají zkušenosti s byty, rodinnými domy, bytovými domy, průmyslovými podniky a výrobními halami. Nabízí plastová, dřevěná, hliníková, historická a dřevohliníková okna. Dále dveře a různé doplňky jako jsou parapety, síta proti hmyzu a stínící technika [12].



Obrázek 20: Logo společnosti ADITUS CZ, s.r.o. (Zdroj: [12])

SULKO s.r.o.

Společnost vznikla v roce 1993 a zabývá se výrobou a montáží oken a dveří. Působí jak v České republice, tak i v zahraničí. Mezi její produkty patří plastová, hliníková, dřevěná okna, dveře, stínící technika a speciální produkty jako jsou zimní zahrady, protipožární systémy, fasádní systémy a další. Společnost má svůj výrobní areál v Zábřehu [13].



Obrázek 21: Logo společnosti SULKO s.r.o. (Zdroj: [13])

SVĚT OKEN s.r.o.

Společnost vznikla v roce 1999. Pobočková síť je po celé České republice. Garantují českou výrobu oken a české výrobky. Výrobní závod sídlí ve Vsetíně. Nabízí zejména plastová, hliníková okna, dveře, garážová vrata a stínící techniku, balkony a lodžie. Mimo jiné poskytují i poradenství a zaměření zdarma [14].



Obrázek 22: Logo společnosti SVĚT OKEN s.r.o. (Zdroj: [14])

OKNO STYL s.r.o.

Společnost vznikla v roce 2000. Zákazníky obsluhují na pobočkách po celé České republice. Nabízí plastová, dřevěná a hliníková okna, dveře, parapety, sítě proti hmyzu a žaluzie. Dále pak poradenství, zemní a výkopové práce. Společnost nabízí i nákup oken prostřednictvím e-shopu, kde garantují dodání do tří dnů [15].



Obrázek 23: Logo společnosti OKNO STYL s.r.o. (Zdroj: [15]).

VEKRA Okna (Window Holding a.s.)

Společnost vznikla v roce 2004. Nabízí zaručeně česká okna. V roce 2010 rozšířili nabídku služeb o splátkový prodej oken a dveří. V roce 2009 došlo k fúzi s firmou Window Holding a.s., ale obchodní značka zůstala VEKRA OKNA. Pozitivem bylo zkvalitnění služeb, technologie výroby, snížení nákladů. Výroba oken probíhá v pěti závodech v ČR. Společnost nabízí plastová, hliníková, dřevěná a dřevohliníková okna, interiérové dveře, garážová vrata a vnitřní a vnější parapety [16].



Obrázek 24: Logo společnosti VEKRA OKNA (Zdroj: [16])

DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o.

Společnost vznikla v roce 2003 a specializuje se na výrobu oken, dveří, prosklených stěn a parapetních desek. Společnost působí na území celé Evropy, ve Spojených státech, Kanadě, Mexiku, Austrálii a Blízkém východě [17].



Obrázek 25: Logo společnosti DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o. (Zdroj: [17])

OKNOSERVIS s.r.o.

Společnost vznikla v roce 1998. Zabývá se výrobou, prodejem a instalací oken, dveří, obvodových plášťů a protipožárních dveří. Nabízí kompletní služby spojené s instalací oken "na klíč", včetně dodávky bohatého sortimentu příslušenství. Společnost realizuje výrobu přímo plastových i hliníkových oken a dveří. Samotná výroba probíhá v Hrušovanech nad Jevišovkou. Od roku 2010 společnost rozšířila výrobu i do nového Výrobního a logistického areálu v Brně - Líšni [18].



Obrázek 26: Logo společnosti OKNOSERVIS s.r.o. (Zdroj: [18])

4 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

V předchozí kapitole jsem popsala jednotlivé vstupy, které jsou z mého pohledu a z pohledu uvedené firmy nejdůležitější. Vybraní dodavatelé budou sloužit jako testovací data pro můj rozhodovací systém v MS Excelu a fuzzy model v MATLAB.

4.1 Rozhodovací systém v MS Excel

Z důvodu možnosti použití modelu i pro jiné případy, než jaký je uveden v mé práci, je celý rozhodovací systém vytvořen pomocí Visual Basic for Application. Pomocí formulářů lze měnit jednotlivé dodavatele. Automaticky se pak vypočítá i jejich hodnocení. V případě změn v transformační matici lze jednoduše pozměnit jednotlivé váhy hodnotám a systém opět vše přepočítá. Stejně tak stavová matice se vyplňuje automaticky bez zásahu uživatele. Tím, že model počítá a dosazuje hodnoty automaticky, se eliminuje množnost špatného výpočtu v důsledku chyby od uživatele.

4.1.1 Struktura a popis systému

Celý systém je pro větší přehlednost rozvržen do tří listů. První list s názvem *Hlavni_strana* je výchozí, ze kterého uživatel ovládá celý systém. Další listy jsou *Transformační matice*, *Seznam dodavatelů* a *Stavová matice*. Tyto tři listy jsou zamčené a není možná jejich modifikace, aby nedošlo k zápisu nesprávných hodnot a celý systém by pak nefungoval správně. Pro veškeré úpravy může uživatel využít jednotlivé formuláře na listu *Hlavni_strana*.

List Hlavni_strana

Tento list obsahuje tabulku s parametry vybraného dodavatele a retransformační matici s výsledkem hodnocení tohoto dodavatele. Dále obsahuje čtyři tlačítka, jakožto ovládací prvky, pomocí kterých lze ovládat celý systém, viz Obrázek 27.

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K
2	Vybraný dodavatel									
3						Retransformační matice				
4	Název firmy	VEKRA				odpovídá požadavkům	81-100 %			
5	Online kalkulace	Ano				spíše odpovídá požadavkům	66-80 %			
6	Zákaznická linka	Ano				spíše neodpovídá požadavkům	51-65 %			
7	Servis	Pozáruční				neodpovídá požadavkům	0-50 %			
8	Zelená úsporám	Ano +				Výsledek:	85,7 %			
9	Počet referencí	200				Výsledek:	Odpovídá požadavkům			
10	Barevná škála	Střední								
11	Kvalita oken	Vysoká								
12	Cena celkem Kč	239326,5								
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19	Vybrat dodavatele	Přidat nového dodavatele	Odebrat dodavatele							
20										
21										

Obrázek 27: List Hlavní strana (Zdroj: vlastní zpracování)

Po stisknutí tlačítka *Vybrat dodavatele* se zobrazí formulář, kde je možné vybrat jednoho z již nadefinovaných dodavatelů. Tento formulář je na Obrázek 28.

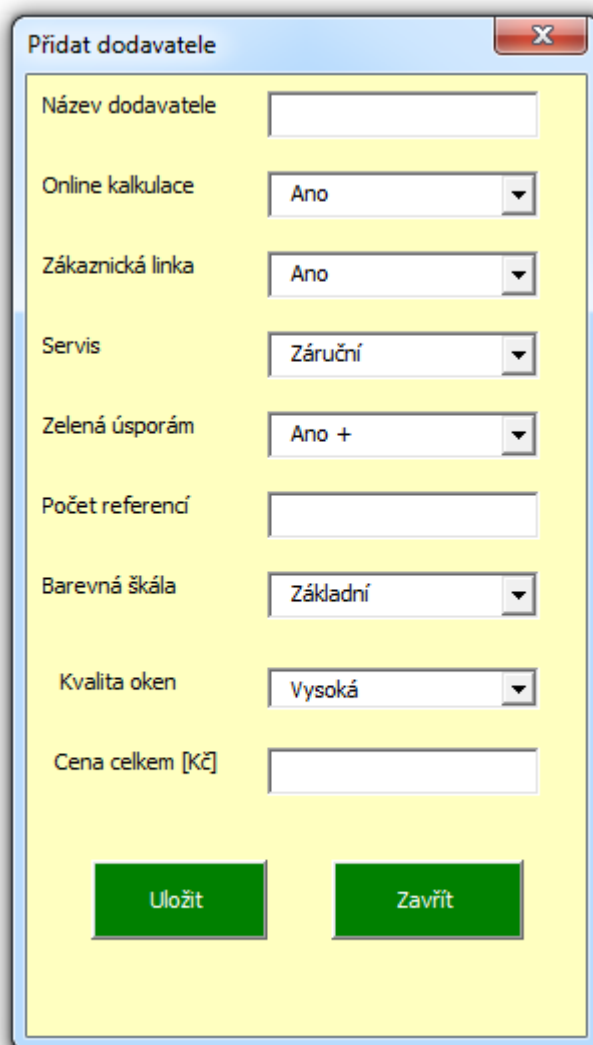
Obrázek 28: Formulář pro výběr dodavatele (Zdroj: vlastní zpracování)

Po zvolení dodavatele se jeho parametry zapíše do tabulky *Vybraný dodavatel*. Zároveň se spočítá, do jaké míry vyhovuje a výsledek v procentech se zobrazí v retransformační matici. Výsledek se vypočítává pomocí dosažených bodů. Maximální počet bodů, které může dodavatel získat je 62 a to odpovídá 100%. Naopak nejnižší počet bodů, které

dodavatel může získat je 20 a odpovídá 0%. Tato retransformační matice dále obsahuje i slovní hodnocení výsledku. Hodnocení je následující:

- 0-50 % Neodpovídá požadavkům,
- 51-65 % Spíše neodpovídá požadavkům,
- 66-80 % spíše odpovídá požadavkům,
- 81-100 % Odpovídá požadavkům.

Po stisku tlačítka *Přidat nového dodavatele* je možné pomocí zobrazeného formuláře, viz Obrázek 29, nastavit jednotlivé parametry pro nového dodavatele. Nový dodavatel se uloží na list *Seznam_dodavatelů* do prvního volného řádku v tabulce.



Obrázek 29: Formulář pro přidání nového dodavatele (Zdroj: vlastní zpracování)

Jednotlivé TextBoxy jsou ošetřeny pro zadání nesprávných hodnot. Po stisknutí tlačítka *Uložit* se zkontrolují všechny zadané hodnoty. Jestliže je nějaká z hodnot špatně vyplněna, pak funkce MsgBox upozorní uživatele na nesprávné vyplnění. Všechny údaje ve formuláři musí být vyplněny. Cena a počet referencí musí být zadána jako číslo. Zbytek hodnot je ošetřeno načtením do ComboBoxů a pouze se vybere požadovaná hodnota. Do názvu dodavatele lze zadat jakékoliv znaky.

```
Private Sub CommandButton1_Click()

Dim i As Integer
If Not (TextBox1 = "" Or TextBox15 = "" Or TextBox12 = "") Then

If IsNumeric(TextBox15.Value) Then
If IsNumeric(TextBox12.Value) Then

i = 4
Do Until Worksheets("Seznam_dodavatelu").Range("A" & i).Value = Empty
i = i + 1
Loop

Worksheets("Seznam_dodavatelu").Range("A" & i) = TextBox1.Value
.....
.....
.....

MsgBox ("Vše bylo v pořádku uloženo")

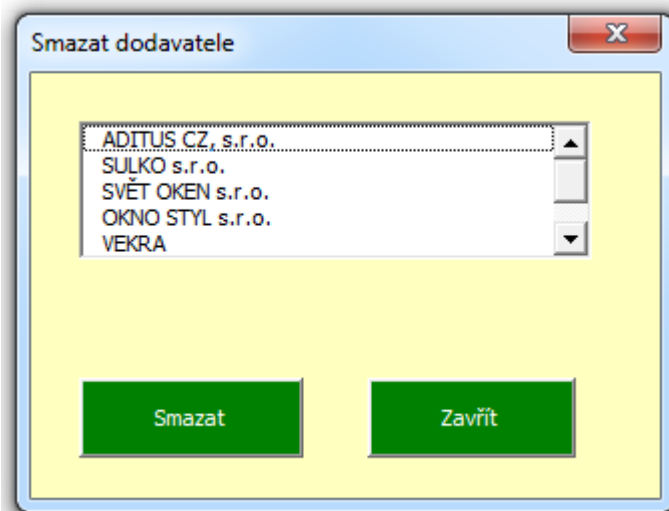
Else
MsgBox ("cenu celkem zadejte jako číslo")
End If

Else
MsgBox ("počet referenci zadejte jako číslo")
End If

Else
MsgBox ("Všechny údaje jsou povinné!")
End If
```

Obrázek 30: Ukázka kódu ošetření hodnot (Zdroj: vlastní zpracování)

V případě, že uživatel z nějakého důvodu vyloučil nějakého dodavatele ze svého výběru, lze jej z listu *Seznam_dodavatele* i vymazat. Po stisknutí tlačítka *Odebrat dodavatele* na listu *Hlavni_strana* se zobrazí formulář se seznamem všech nadefinovaných dodavatelů, pak jen stačí vybrat zvoleného dodavatele a stisknout tlačítko *Smazat*. Formulář pro odebrání (smazání) dodavatele je na Obrázek 31.



Obrázek 31: Formulář pro smazání dodavatele (Zdroj: vlastní zpracování)

Jestliže zjistíme, že se změnil nějaký parametr u již uloženého dodavatele, lze jeho změnu provést pomocí stisku tlačítka *Změna dodavatele*. Po stisku tlačítka se otevře první formulář, kde uživatel vybere dodavatele, u něhož chce provést změny a stiskne tlačítko *Změnit*. Poté se otevře další formulář, kde jsou automaticky předvyplněny jednotlivé parametry zvoleného dodavatele. Uživatel pak může změnit požadované parametry a vše pak uložit na stejný list *Seznam_dodavatele* pomocí tlačítka *Uložit*, viz Obrázek 32.

The image shows two windows from a software application. The left window, titled 'Změnit dodavatele', displays a list of suppliers under the heading 'Seznam dodavatelů'. The list includes: ADITUS CZ, s.r.o. (highlighted), SULKO s.r.o., SVĚT OKEN s.r.o., OKNO STYL s.r.o., VEKRA, DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o., and OKNOSERVIS s.r.o. Below the list are two green buttons: 'Změnit' and 'Zavřít'.

The right window, also titled 'Změnit dodavatele', shows the details for the selected supplier, ADITUS CZ, s.r.o. It contains several input fields and dropdown menus: 'Online kalkulace' (Ano), 'Zákaznická linka' (Ne), 'Servis' (Pozáruční), 'Zelená úsporám' (Ne), 'Počet referencí' (32), 'Barevná škála' (Základní), 'Kvalita oken' (Průměrná), and 'Cena celkem [Kč]' (203412). At the bottom are two green buttons: 'Uložit' and 'Zavřít'.

Obrázek 32: Formulář pro změnu dodavatele (Zdroj: vlastní zpracování)

List Transformační matice

Tento list obsahuje dvě matice. První zobrazuje jednotlivé vstupy, které byly popsány výše a k nim hodnoty, kterých mohou nabývat. Kromě ceny a počtu referencí jsou všechny hodnoty vyjádřeny slovně.

Tabulka Transformační matice - ohodnocení obsahuje také názvy jednotlivých vstupů, ale jednotlivé hodnoty jsou ohodnoceny čísly od 1 - 10. Hodnota 1 je nejnižší hodnota a 10 je nejvyšší hodnota. Jednotlivé ohodnocení se liší podle důležitosti vstupu. Za hlavní vstupy jsem zvolila Servis, Zelenou úsporám, Reference, Kvalitu oken a Cenu, jejichž jedna z hodnot je ohodnocena nejvyšším váhou a to číslem 10. U ostatních vstupů jejich nejvyšší číslo označuje váhu vstupu. Toto ohodnocení vychází z požadavků společnosti. Z této tabulky se následně počítá skalární součin, jehož výsledek vyhodnotí, zda dodavatel odpovídá zadaným kritériím či nikoliv. List Transformační matice je na Obrázek 33.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Transformační matice - popis							
3	Online kalkulace	Zákaznická linka	Servis	Zelená úsporám	Počet referencí	Barevná škála	Kvalita dodávaných oken	Cena celkem Kč
4	Ano	Ano	pozáruční	Ano +	>100	široká	vyšoká	< 205 000
5	Ne	Ne	záruční	Ano	81-100	střední	průměrná	205 000-220 000
6				Ne	31-80	základní	nizká	220 000-240 000
7					<30			>240 000
8								
9								
10								
11	Transformační matice - ohodnocení							
12	Online kalkulace	Zákaznická linka	Servis	Zelená úsporám	Počet referencí	Barevná škála	Kvalita oken	Cena celkem
13	6	3	10	10	9	4	10	10
14	3	1	6	8	8	3	5	7
15				4	5	1	1	5
16					2			2

Obrázek 33: List Transformační matice (Zdroj: vlastní zpracování)

List Seznam_dodavatelů

V tabulce *Vybraní dodavatelé* jsou uvedeny názvy firem a jednotlivé hodnoty vstupů. V této tabulce se projeví veškeré modifikace dodavatelů, od přidání dodavatele přes jeho úpravu až po smazání. Veškeré úpravy jdou provádět jen přes formuláře na listu *Hlavní_strana*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Vybraní dodavatelé								
3	Název firmy	Online kalkulace	Zákaznická linka	Servis	Zelená úsporám	Počet referencí	Barevná škála	Kvalita oken	Cena celkem Kč
4	ADITUS CZ, s.r.o.	Ano	Ne	Pozáruční	Ne	32	Základní	Průměrná	203 412
5	SULKO s.r.o.	Ano	Ano	Záruční	Ne	25	Široká	Průměrná	241026
6	SVĚT OKEN s.r.o.	Ano	Ano	Pozáruční	Ano +	58	Střední	Nizká	205630
7	OKNO STYL s.r.o.	Ano	Ne	Pozáruční	Ano +	50	Základní	Nizká	195132
8	VEKRA	Ano	Ano	Pozáruční	Ano +	200	Střední	Vysoká	239326,5
9	BRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s r.o.	Ano	Ano	Pozáruční	Ne	105	Široká	Průměrná	170333
10	OKNOSERVIS s.r.o.	Ano	Ano	Záruční	Ne	110	Střední	Vysoká	214923
11									
12									

Obrázek 34: List Seznam dodavatelů (Zdroj: vlastní zpracování)

Veškeré uvedené údaje jsem čerpala z internetových stránek jednotlivých společností. Každé ze společností jsem zaslala nezávaznou poptávku prostřednictvím online kalkulace a na základě toho jsem obdržela ceny, které zahrnují samotnou cenu oken i jejich montáž.

List Stavova_matice

Po stisknutí tlačítka *Vybrat dodavatele* se stavová matice automaticky vymaže. Jakmile uživatel nějakého dodavatele vybere, matice se naplní hodnotami 1, což značí, že vstup dané hodnoty nabývá, 0 značí, že nenabývá. Jednotlivé hodnoty vstupů odpovídají hodnotám na listu *Seznam_dodavatelů*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	VEKRA- stavová matice								
2	Online kalkulace	Zákaznická linka	Servis	Zelená úsporám	Počet referencí	Barevná škála	Kvalita oken	Cena celkem	
3	1	1	1	1	1	0	1	0	
4	0	0	0	0	0	1	0	0	
5				0	0	0	0	1	
6				0	0			0	

Obrázek 35: List Stavová matice (Zdroj: vlastní zpracování)

4.1.2 Testování systému na vybraném dodavateli

Po dokončení systému v MS Excel můžu přejít k zadávání jednotlivých dodavatelů a zjišťovat jejich hodnocení. Nyní předvedu funkčnost celého systému na jednom dodavateli. Pro představení systému jsem si vybrala společnost ADITUS CZ s.r.o.

Nejprve je nutné vybraného dodavatele a jeho parametry uložit na list *Seznam_dodavatelů*. To je možné přes zadávací formulář, který se zobrazí po stisku tlačítka *Přidat dodavatele* na listu *Hlavní_strana*.

Parametry dodavatele jsem zjistila z jeho webových stránek a cenu oken na základě zaslané nabídky pomocí on-line kalkulace.

Vložení parametrů dodavatele ADITUS CZ s.r.o. do formuláře je zobrazen na následujícím obrázku.

Obrázek 36: Přidání dodavatele ADISTUS CZ s.r.o. (Zdroj: vlastní zpracování)

Po stisku tlačítka *Uložit* na formuláři *Přidat dodavatele* se parametry dodavatele ADITUS CZ s.r.o. uloží na list *Seznam_dodavatele*.

Nyní už je možné zobrazit hodnocení dodavatele kliknutím na tlačítko *Vybrat dodavatele* na listu *Hlavni_strana*. Výběrem dodavatele se automaticky vyplní stavová matice na listu *Stavova_matice*. Hodnoty 1 a 0 na příslušné pozici ve stavové matici odpovídají hodnotám definovaným a popsáním v transformační matici na listu *Transformacni_matice*. Do listu *Stavova_matice* se po výběru dodavatele automaticky vloží také jeho název.

Na obrázcích Obrázek 37 a Obrázek 38 jsou zobrazeny transformační a stavová matice pro dodavatele ADITUS CZ s.r.o. Parametry tohoto dodavatele jsou v transformační matici označeny sytější žlutou barvou.

Transformační matice - popis

Online kalkulace	Zákaznická linka	Servis	Zelená úsporám
Ano	Ano	pozáruční	Ano +
Ne	Ne	záruční	Ano
			Ne

Počet referencí	Barevná škála	Kvalita dodávaných oken	Cena celkem Kč
>100	široká	vysoká	< 205 000
81-100	střední	průměrná	205 000-220 000
31-80	základní	nízká	220 000-240 000
<30			>240 000

Obrázek 37: Transformační matice pro ADITUS CZ s.r.o. (Zdroj: vlastní zpracování)

ADITUS CZ, s.r.o.- stavová matice

Online kalkulace	Zákaznická linka	Servis	Zelená úsporám
1	0	1	0
0	1	0	0
			1

Počet referencí	Barevná škála	Kvalita oken	Cena celkem
0	0	0	1
0	0	1	0
1	1	0	0
0			0

Obrázek 38: Stavová matice pro ADITUS CZ s.r.o. (Zdroj: vlastní zpracování)

Ve formuláři *Výběr dodavatele* jsem tedy vybrala společnost ADITUS CZ s.r.o. Při stisknutí tlačítka *OK* se zobrazila zpráva s hodnocením a počtem dosažených bodů. Jaké

parametry má vybraný dodavatel, můžeme vidět v tabulce Vybraný dodavatel na listu *Hlavní_strana*.

Do retransformační matice se zapsal konečný výsledek. Toto hodnocení je procentuální i slovní. Vyhodnocení dodavatele ADITUS CZ s.r.o. je na Obrázek 39.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Vybraný dodavatel	
Název firmy	ADITUS CZ, s.r.o.
Online kalkulace	Ano
Zákaznická linka	Ne
Servis	Pozáruční
Zelená úsporám	Ne
Počet referencí	32
Barevná škála	Základní
Kvalita oken	Průměrná
Cena celkem Kč	203412

Retransformační matice	
odpovídá požadavkům	81-100 %
spíše odpovídá požadavkům	66-80 %
spíše neodpovídá požadavkům	51-65 %
neodpovídá požadavkům	0-50 %
Výsledek:	52,4 %
Výsledek:	Spíše neodpovídá požadavkům

Below the tables, there is a button labeled "Vybrat dodavatele". Overlaid on the spreadsheet are two dialog boxes:

- A "Výběr dodavatele" dialog box with a dropdown menu showing "ADITUS CZ, s.r.o." and "OK" and "Zavřít" buttons.
- A "Microsoft Excel" dialog box with the text "Hodnocení: Spíše neodpovídá požadavkům, 42 bodů" and an "OK" button.

The Excel status bar at the bottom shows the following tabs: Hlavní strana, Transformační matice, Seznam dodavatelů, Stavová matice.

Obrázek 39: Vyhodnocení dodavatele ADISTUS CZ s.r.o. (Zdroj: vlastní zpracování)

Systém ohodnotil dodavatele ADITUS CZ s.r.o. 42 body, což odpovídá 52,4 %, a tedy že dodavatel Spíše neodpovídá požadavkům.

Z hodnocení tohoto dodavatele je vidět, že jen cena opravdu není rozhodujícím faktorem. Dodavatel nabídnul cenu 203412,- Kč, což spadá do nejnižší cenové kategorie. Vzhledem k tomu, že však dodavatel nabízí okna, jejichž kvalita je průměrná, na webových stránkách má uveden relativně malý počet referencí a nenabízí program Zelená úsporám, vyhodnotil jej systém jako spíše neodpovídající. K tomuto výsledku dále přispělo jistou měrou i to, že dodavatel nemá zákaznickou linku a barevná škála oken je pouze základní

Takto je možné otestovat jakéhokoliv dodavatele, jehož parametry si uložíme na list *Seznam_dodavatelů*. Způsob vyhodnocení v MS Excel je rychlý a přehledný.

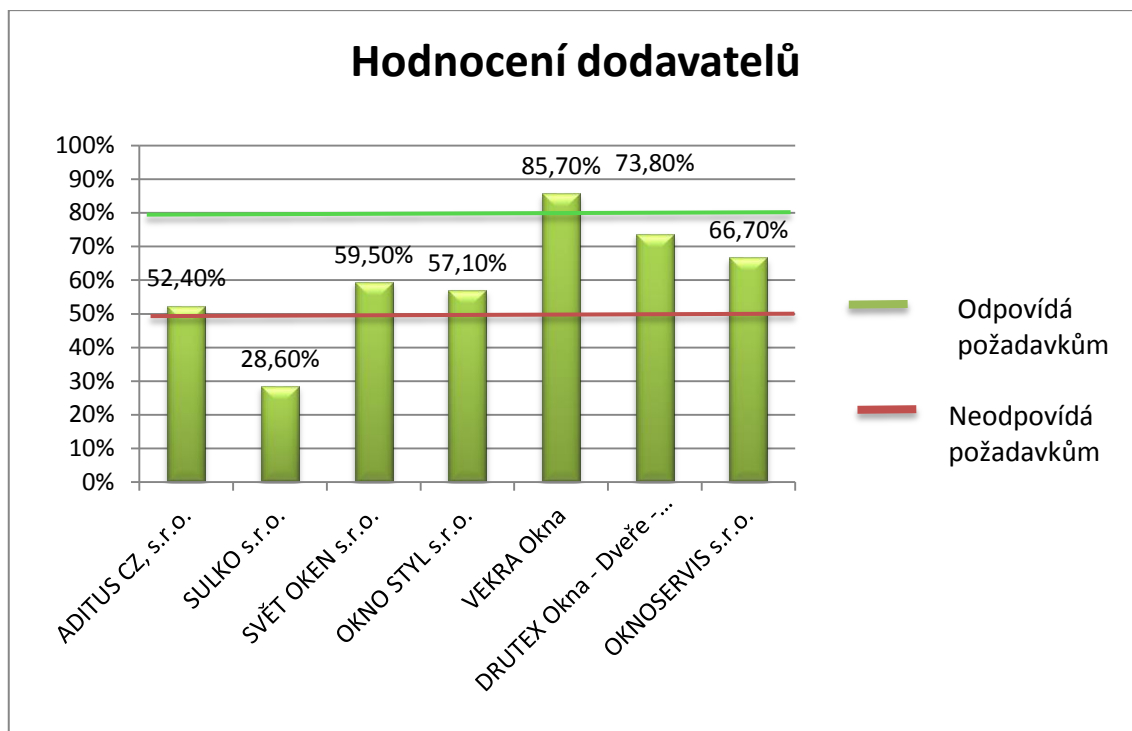
4.1.3 Hodnocení - MS Excel

Na základě výše popsaného postupu jsem postupně zadala všechny dodavatele, které jsem popsala v předchozí kapitole. Výsledné hodnocení všech zadaných dodavatelů jsem zapsala do následující tabulky.

Tabulka 6: Celkové hodnocení - MS Excel (Zdroj: vlastní zpracování)

Dodavatel	Počet bodů	Procenta	Hodnocení
ADITUS CZ, s.r.o.	42	52,40%	Spíše neodpovídá požadavkům
SULKO s.r.o.	32	28,60%	Neodpovídá požadavkům
SVĚT OKEN s.r.o.	45	59,50%	Spíše neodpovídá požadavkům
OKNO STYL s.r.o.	44	57,10%	Spíše neodpovídá požadavkům
VEKRA Okna	56	85,70%	Odpovídá požadavkům
DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o.	51	73,80%	Spíše odpovídá požadavkům
OKNOSERVIS s.r.o.	48	66,70%	Spíše odpovídá požadavkům

Z výsledkové tabulky jsem pak pro lepší názornost vytvořila také graf, ze kterého je vidět celkové hodnocení, kterého jednotliví dodavatelé dosáhli. Hranice *Odpovídá požadavkům* a *Neodpovídá požadavkům* jsou v grafu znázorněny barevnými přímkami. Tyto hranice pak rozdělují dodavatele na ty, kterým dát přednost a naopak ty, které není třeba oslovovat, protože ve velké míře nesplňují požadavky zákazníka, v tomto případě HK ŠROT, s.r.o.



Graf 1: Celkové hodnocení - MS Excel (Zdroj: vlastní zpracování)

Z tabulky i grafu je patrné, že nejvyššího hodnocení dosáhla společnost VEKRA Okna a to i přesto, že společnost nabídla okna s relativně vysokou cenou, tj. 239326,5 Kč. Její bodové hodnocení je 56 bodů z celkových 62 bodů, tedy 85,7 %. Vyšší cenu však vyvážily ostatní parametry, zejména vysoká kvalita, počet referencí, program Zelená úsporám a další. Toho dodavatele by tedy společnost HK ŠROT s.r.o. určitě měla uvažovat pro spolupráci.

Další dva dodavatelé, tedy DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o. a OKNOSERVIS s.r.o, spíše odpovídají požadavkům, tudíž i ty je vhodné oslovit, protože je možné, že se změní některé jejich parametry nebo bude možné domluvit nějaké individuální podmínky, které společnosti HK ŠROT s.r.o. budou vyhovovat.

Naopak společnost SULKO s.r.o. dosáhla na bodové hodnocení pouze 32 bodů, což odpovídá 28,6 %, a tudíž nevyhovuje požadavkům. Z tohoto hodnocení tedy vyplývá, že je možné tohoto dodavatele neuvažovat. Stejně tak dvě společnosti, které vyšly, že spíše neodpovídají požadavkům, tedy ADITUS s.r.o. a OKNO STYL s.r.o. může společnost vyloučit jako potenciální dodavatele.

4.2 Rozhodovací systém v prostředí MATLAB

K vytvoření modelu v MATLAB využiji Fuzzy Logic Toolbox. Koncepce rozhodovacího systému v MATLABu bude stejná jako v případě MS Excel, tzn. systémy používají stejné vstupy a báze pravidel v MATLABu vychází z hodnocení v MS Excel. Odlišné je však celkové ohodnocení jednotlivých dodavatelů. Zatímco v případě MS Excel je ohodnocení procentuální, v případě MATLABu je výsledkem příslušnost k dané fuzzy množině, tzn. slovní vyhodnocení a po defuzzifikaci také číselná hodnota z intervalu 0 - 3, která reprezentuje čtyři možné slovní hodnoty:

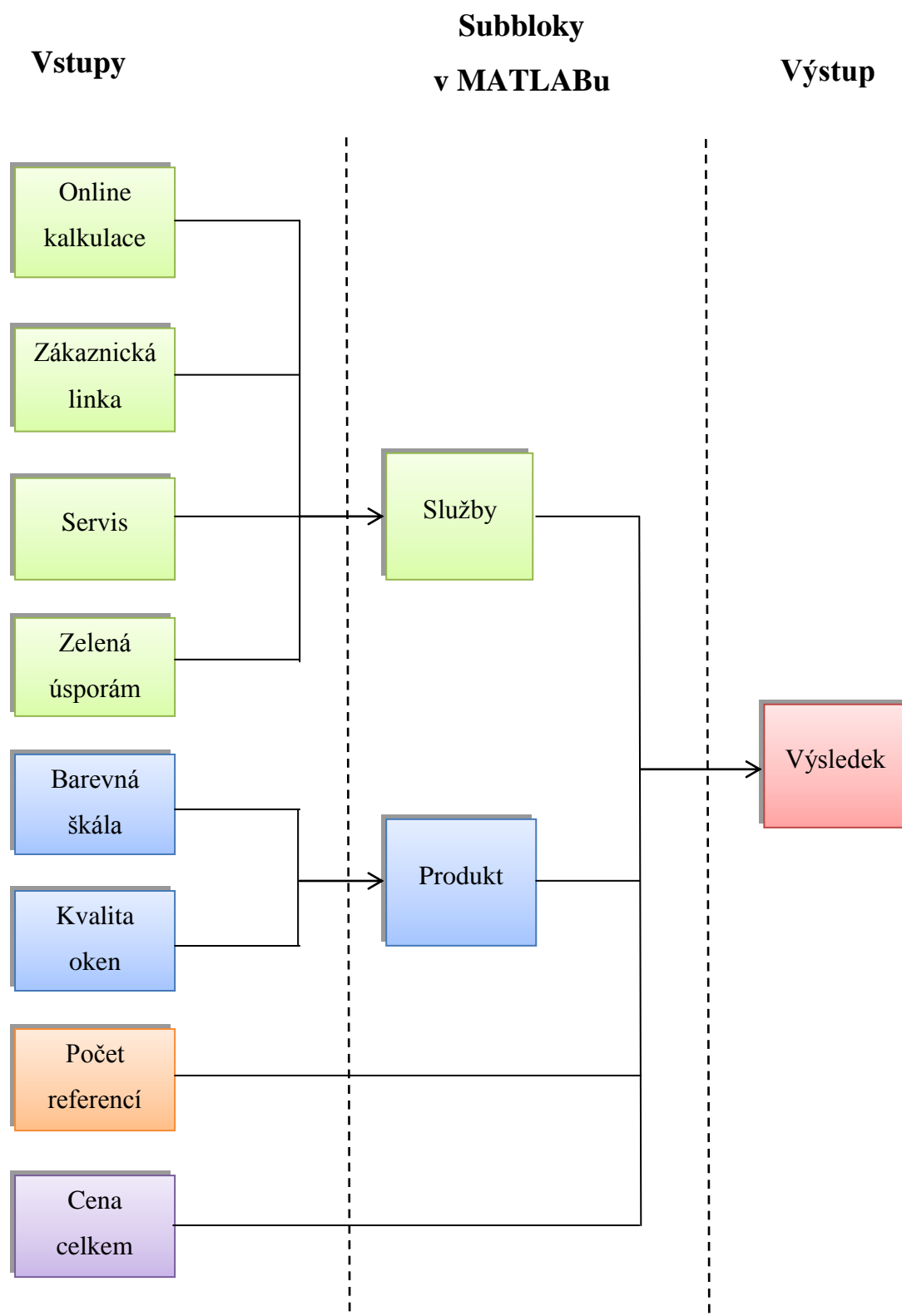
- Neodpovídá požadavkům,
- Spíše neodpovídá požadavkům,
- Spíše odpovídá požadavkům,
- Odpovídá požadavkům.

4.2.1 Základní model

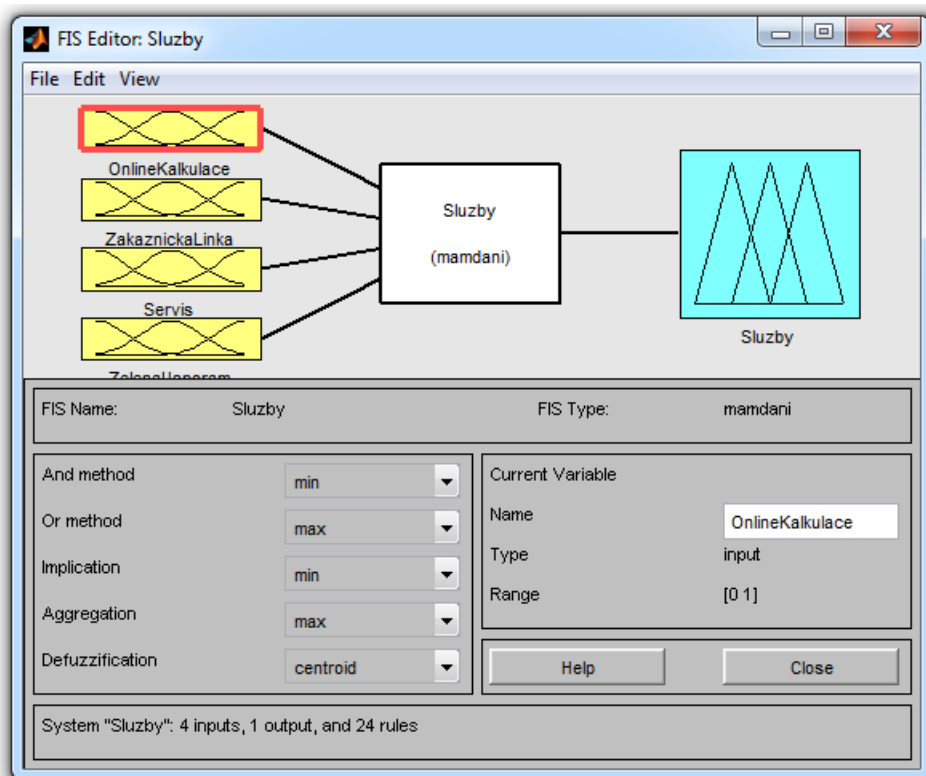
Model má celkem 8 vstupů, dva pomocné fuzzy subsystémy (subbloky) a jeden výsledný fuzzy systém - blok nazvaný Výsledek. Struktura fuzzy modelu v MATLABu je na Obrázek 40. Celý fuzzy model je typu Mamdani, tudíž výsledkem jsou fuzzy množiny.

V případě prvního bloku nazvaném *Služby* jsou vstupy online kalkulace, zákaznická linka, servis a zelená úsporám. Do druhého bloku s názvem *Produkt* vstupují barevná škála a kvalita oken. Poslední dva vstupy, a to počet referencí a cena, samostatně vstupují společně s výsledky subbloků *Služby* a *Produkt* do výsledného bloku s názvem *Výsledek*.

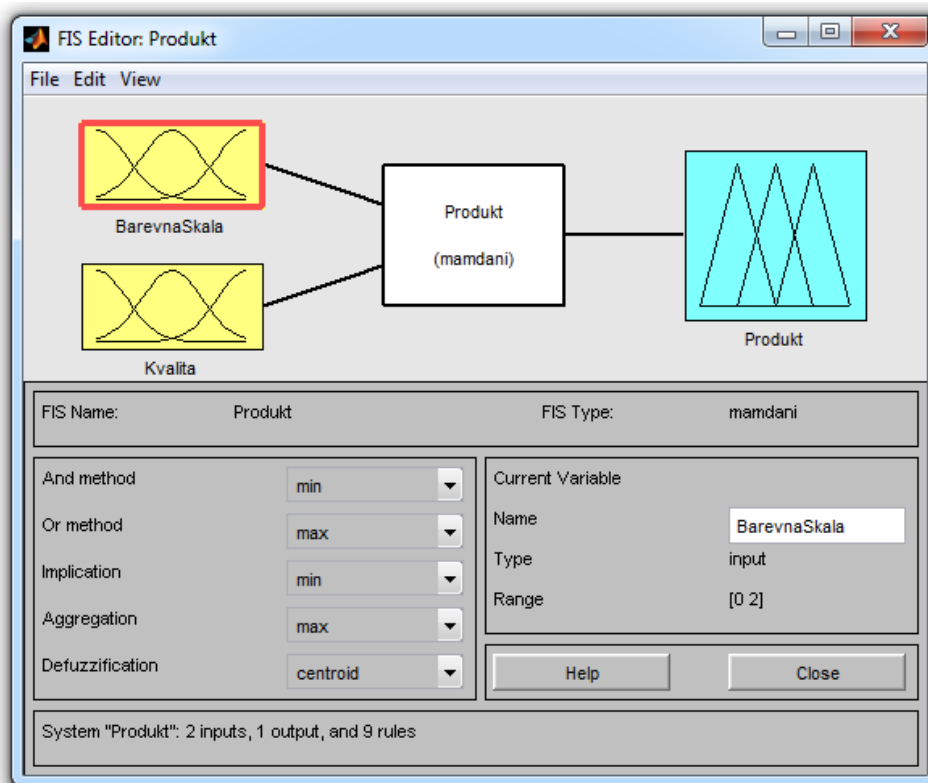
Rozdělení vstupů do bloků má výhodu v tom, že se sníží celkový počet pravidel. Celý fuzzy model má tak 177 pravidel. Jednotlivé bloky mají 24 pravidel v případě *Služeb* a 9 pravidel v případě *Produktu*. Poslední, výsledný blok, má 144 pravidel.



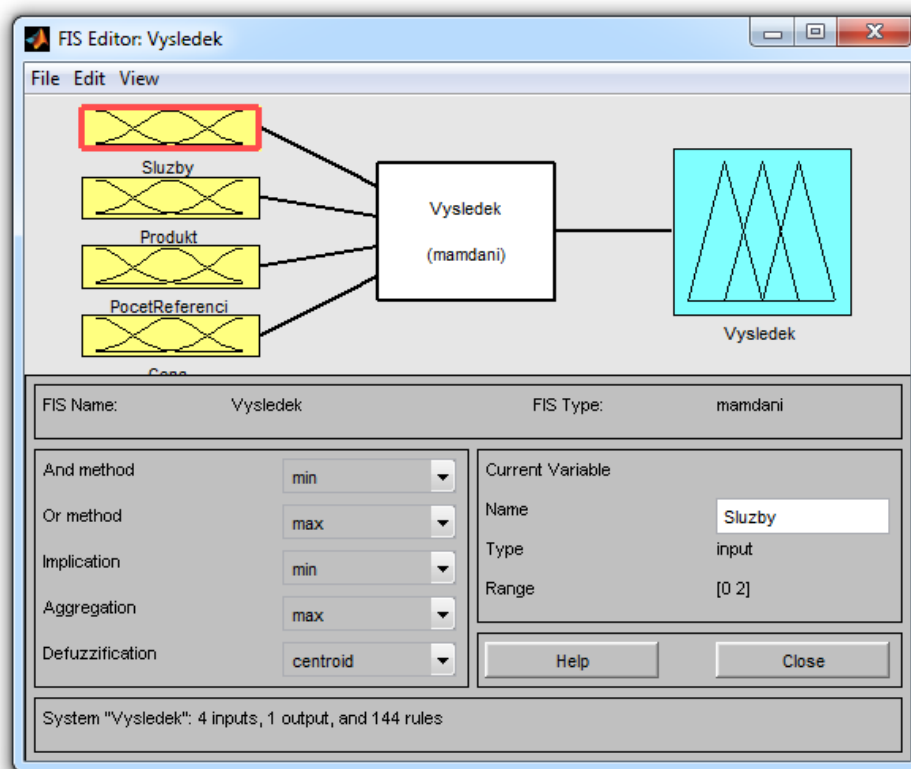
Obrázek 40: Fuzzy model pro MATLAB (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 41: FIS Editor - Blok Služby (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 42: FIS Editor - Blok Produkt (Zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 43: FIS Editor - Blok Výsledek (Zdroj: vlastní zpracování)

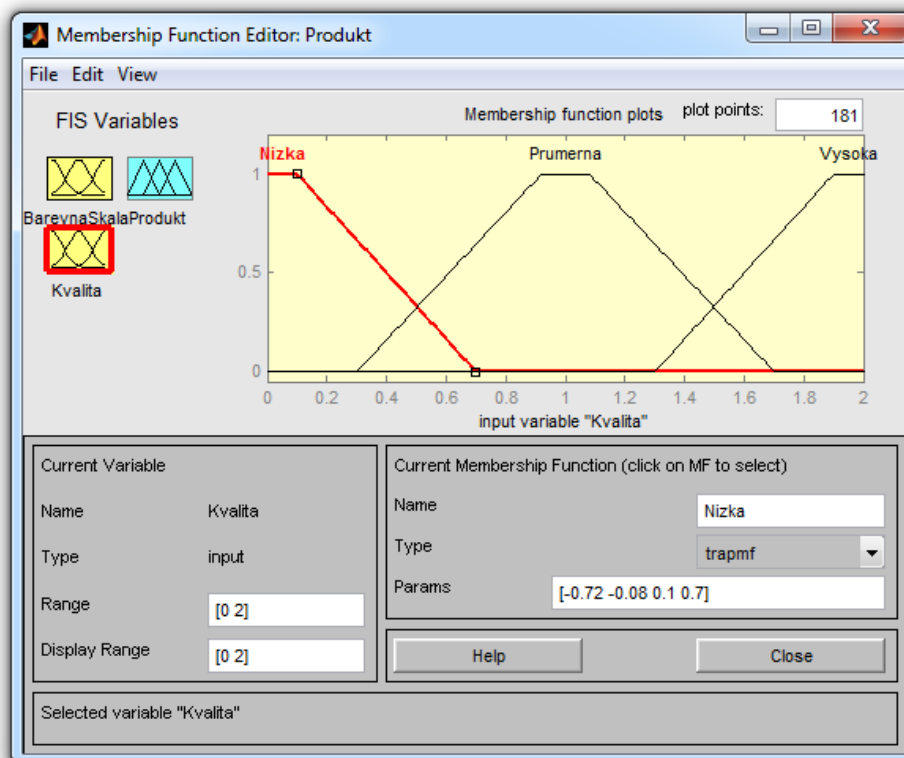
4.2.2 Ukázka vytvořeného fuzzy systému

Vzhledem k rozsáhlosti řešení je jako příklad uveden a detailněji popsán jeden z bloků, a sice Produkt.

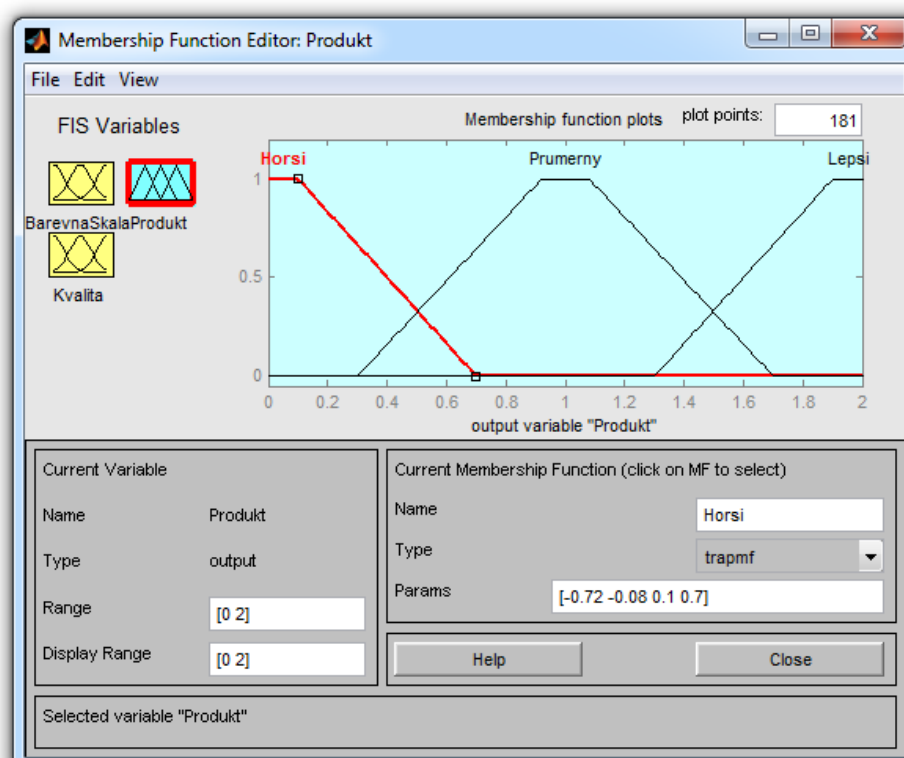
4.2.3 Vstupní a výstupní funkce

Každý vstup má nadefinováno několik členských funkcí a rozmezí, které se určuje podle počtu atributů. Počet členských funkcí závisí na počtu hodnot, kterých mohou nabývat jednotlivé vstupy.

Vstup barevná škála je rozdělen na tři funkce členství. Obdobně jsem tvořila i druhý vstup - kvalita. Tento vstup je rozdělen také na tři funkce členství, viz Obrázek 44. Typ funkce jsem zvolila v obou případech trapmf a rozsah hodnot podle počtu atributů, tedy 0 - 2. Výstupní funkce je tvořena také třemi funkcemi příslušnosti a má stejné parametry jako oba vstupy, viz Obrázek 45.



Obrázek 44: Vstupní funkce členství Kvalita (Zdroj: vlastní zpracování)



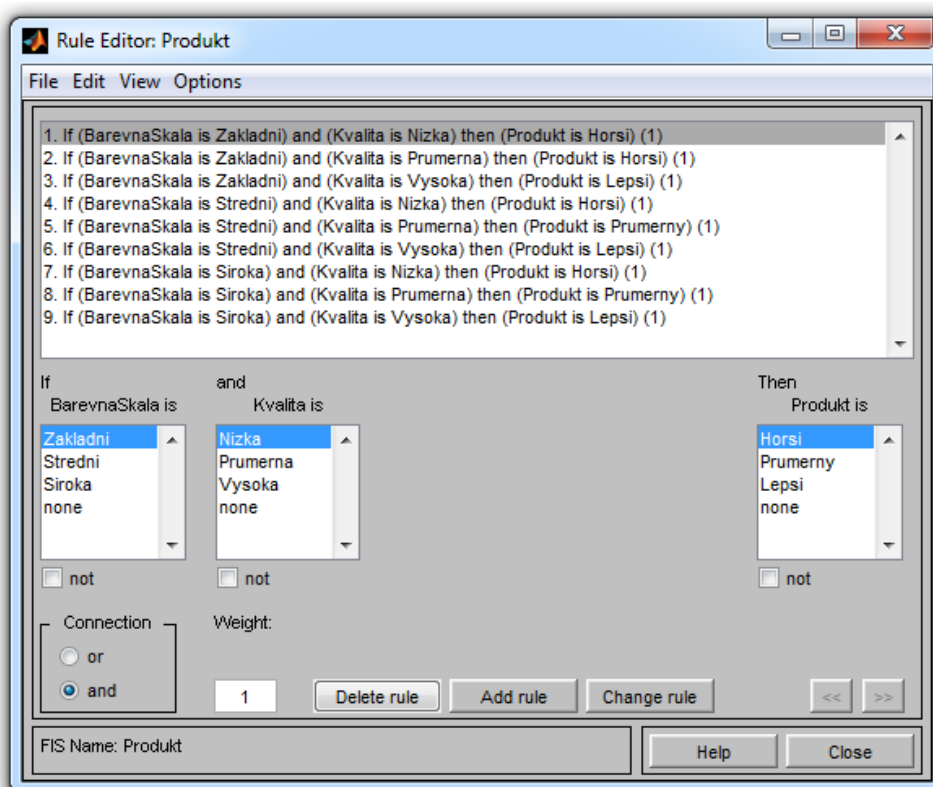
Obrázek 45: Výstupní funkce členství Produkt (Zdroj: vlastní zpracování)

4.2.4 Tvorba pravidel

Pro tvoření modelu v MATLABu je velmi důležité sestavit i pravidla podle kterých se určuje výstupní hodnota a chování celého modelu. Pravidla jsou spojována logickými operátory AND a OR. Pravidla jsem vytvářela pomocí vah z rozhodovacího systému v MS Excel. Nejdříve jsem vytvořila pravidla pro jednotlivé bloky a podle jejich výsledků jsem tvořila pravidla pro celý systém.

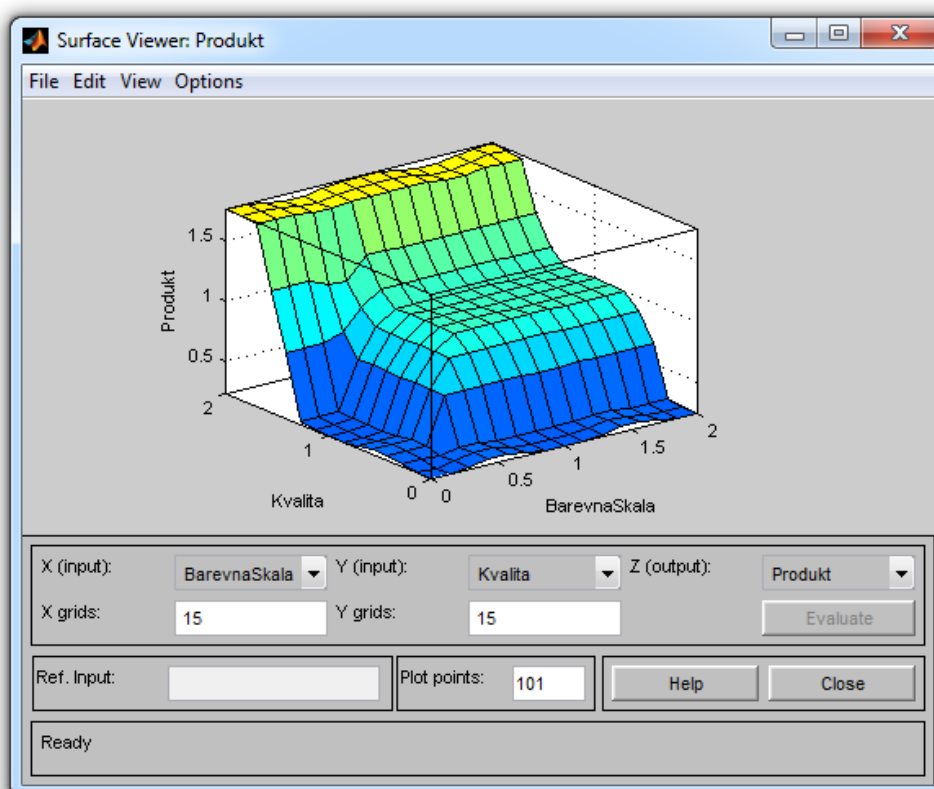
V Rule editoru jsou jednotlivé vstupy a jejich hodnoty a výstup. Pravidla jsou tvořena pomocí IF *hodnota* AND/OR *hodnota* THEN *výstup*. Poslední číslo v závorce značí váhu pravidla.

V případě bloku *Produkt* jsem vytvořila celkem 9 pravidel pro dvě vstupní proměnné. Hodnoty těchto vstupů jsou při tvoření pravidel spojeny logickým operátorem AND, viz Obrázek 46.



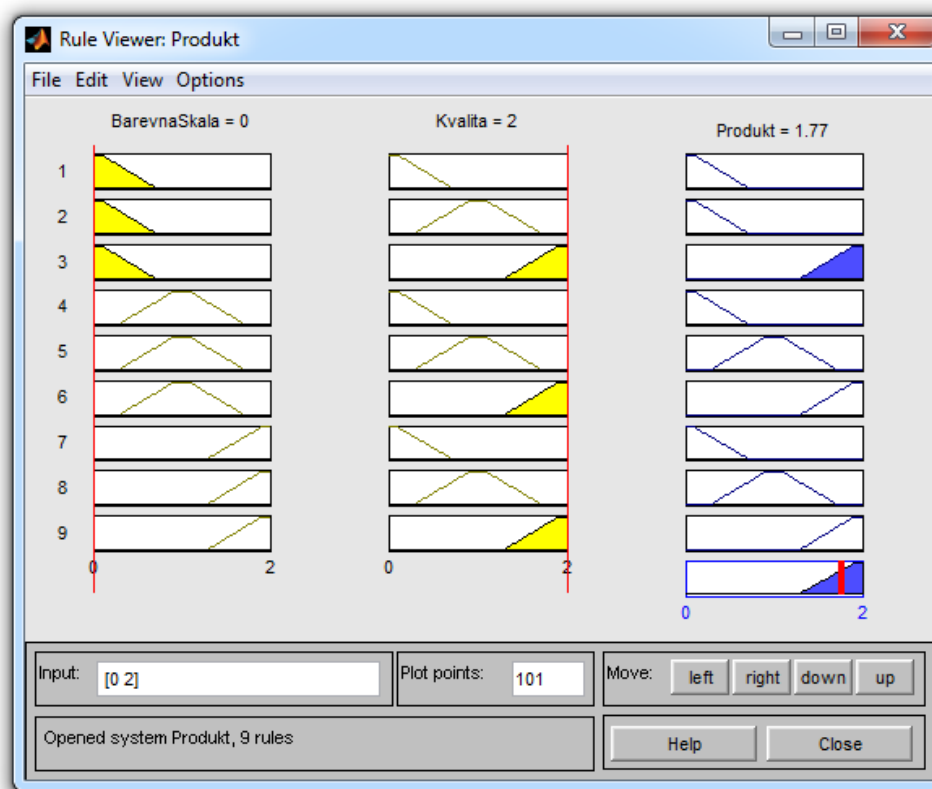
Obrázek 46: Rule editor pro blok Produkt (Zdroj: vlastní zpracování)

Pro zobrazení jak jednotlivá pravidla fungují, je možné využít Surface Viewer, který popisuje závislost mezi dvěma vstupy. Na ukázkou jsem vybrala Barevnou škálu a Kvalitu opět z bloku *Produkt*. Jestliže bude Základní barevná škála a Nízká kvalita pak výsledek bude Horší. Pokud se bude barevná škála zvyšovat, ale kvalita bude pořád Nízká, potom výsledek bude pořád Horší. Když se kvalita posune na hodnotu Střední a barevná škála bude jakákoliv, výsledek bude Horší a se zvyšující barevnou škálou se bude posouvat na Průměrný. Pokud bude kvalita Vysoká, tak ať barevná škála nabývá jakékoliv hodnoty, vždy model vyhodnotí produkt jako Lepší. Na tomto příkladu lze vidět, že vstup kvalita má větší váhu než barevná škála, což bylo také záměrem.



Obrázek 47: Surface Viewer - Produkt (Zdroj: vlastní zpracování)

Další možností pro zobrazení a nastavování pravidel je možné využít Rule Viewer. Zde jsou zobrazeny oba vstupy a výsledný výstup. Pomocí svislých červených kurzorů lze simulovat hodnoty jednotlivých vstupů a v pravém sloupci se zobrazí hodnota výstupu.



Obrázek 48: Rule Viewer pro blok Produkt (Zdroj: vlastní zpracování)

4.2.5 Tvorba uživatelského rozhraní

Pomocí m-souboru je vytvořeno jednoduché textové uživatelské rozhraní. Po spuštění souboru *hodnoceni.m* bude uživatel vyzván k zadání číslic 0 nebo 1, tedy zda chce přidat nového dodavatele nebo zobrazit hodnocení již uloženého dodavatele. Jestliže uživatel zvolí přidání nového dodavatele, začne postupně v Command Window zadávat vstupní hodnoty pomocí číslic 0, 1 nebo 2, případně jiné číselné hodnoty. Každá číslice představuje jednu hodnotu, která se uloží do proměnné.

```
Command Window
Pridat noveho dodavatele nebo otevrit jiz pridaneho? (0 - pridat, 1 - otevrit): 0
Zadejte nazev dodavatele: Okna
Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): 1
Je k dispozici zakaznicka linka? (0 - Ne, 1 - Ano): 0
```

Obrázek 49: Ukázka zadávání nového dodavatele (Zdroj: vlastní zpracování)

Jednotlivé vstupy jsou ošetřeny proti zadání nesprávné hodnoty pomocí výjimek. Mezi příkazy *try* a *catch* se jednotlivé příkazy provádějí, ale pokud dojde k chybě je zachycena a jsou provedeny příkazy mezi *catch* a *end*. Dalším ošetřením je testování vstupní hodnoty na číslo. Na následujícím obrázku je příklad načítání vstupních hodnot do proměnných a jejich ošetření.

```
% Input 1 - Online kalkulace
ok = false;
while (ok == false)
    try
        x = input('Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): ', 's');
        kalkulace = eval(x);
        if ((~isnumeric(kalkulace)) || ~(kalkulace == 0) || (kalkulace == 1))
            disp('Musíte zadat číslo 0 nebo 1.');
```

```
            ok = false;
        else
            ok = true;
        end
    catch ME
        disp('Musíte zadat číslo.');
```

```
    end
end
disp('')
```

Obrázek 50: Ukázka ošetření vstupů pomocí výjimek (Zdroj: vlastní zpracování)

Na následujícím obrázku je ukázka upozornění uživatele na zadání špatné hodnoty. V případě zadání jakéhokoliv špatného znaku či čísla, je uživatel neustále vyzván k zadání správného čísla.

```
Pridat noveho dodavatele nebo otevrit jiz pridaneho? (0 - pridat, 1 - otevrit): 0
Zadejte nazev dodavatele: Okna
Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): a
Musíte zadat číslo.
Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): 3
Musíte zadat číslo 0 nebo 1.
Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): 1
Je k dispozici zakaznicka linka? (0 - Ne, 1 - Ano):
```

Obrázek 51: Ukázka ošetření nesprávně zadaných hodnot (Zdroj: vlastní zpracování)

Stejný proces probíhá už všech vstupů, pouze se ukládají do jiných proměnných. U vstupu reference jsem udělala drobnou úpravu. Počet referencí, který je větší jak 200, automaticky napíše vždy hodnotu 200, protože pokud bude počet referencí větší jak 200, vždy bude patřit do fuzzy množiny ≥ 101 . Stejným způsobem jsem upravila i cenu. Cena vyšší jak 300 000 Kč bude vždy spadat do fuzzy množiny $> 240\,000$ Kč a uloží se tedy jako 300 000 Kč.

Vyhodnocení probíhá ve třech krocích. Nejprve se pomocí příkazů *readfis* a *evalfis* načte a vyhodnotí fuzzy systém *Sluzby*. Druhý krok, fuzzy systém *Produkt*, se provede stejně jako první. Ve třetím kroku se spojí první a druhý blok a přidá se počet referencí a cena. Vypočte se výsledek posledního bloku - *Výsledek*, který se vypíše. Podle stanovených hodnot se vypíše i slovní hodnocení. Celý tento proces znázorňuje Obrázek 52.

```

##### VYHODNOCENI #####

% Sluzby
F_sluzby = readfis('Sluzby.fis');
sluzby = evalfis([kalkulace linka servis zelena], F_sluzby);

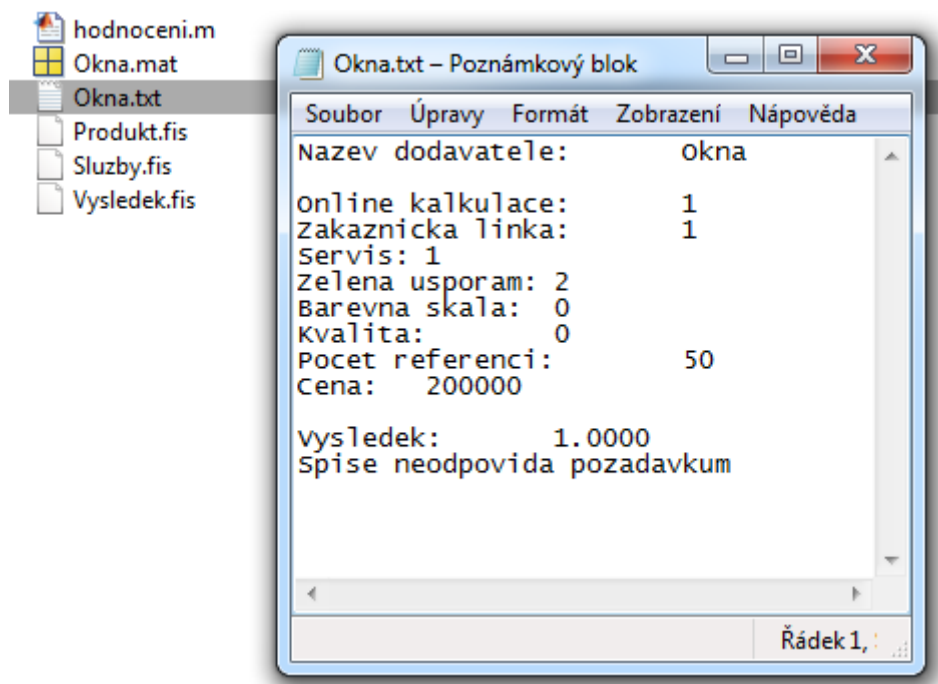
% Produkt
F_produk = readfis('Produkt.fis');
produkt = evalfis([barva kvalita], F_produk);

% Vysledek
F_vysledek = readfis('Vysledek.fis');
vysledek = evalfis([sluzby produkt reference cena], F_vysledek);

```

Obrázek 52: Vyhodnocení fuzzy systémů (Zdroj: vlastní zpracování)

Po vyhodnocení se všechny zadané hodnoty uloží do *.mat souboru i do *.txt souboru. Do textového souboru se hodnoty ukládají z důvodu možnosti zobrazení hodnocení dodavatele bez podpory MATLABu. Název souborů *.mat i *.txt bude stejný jako zadané jméno dodavatele. Uživatel si tak bude moci snadno opakovaně prohlédnout hodnoty, které zadával. V případě *.mat souboru bude možné načíst soubor a znovu zobrazit výsledek, ale pouze v programu MATLAB.



Obrázek 53: Ukázka uložení dat do textového souboru (Zdroj: vlastní zpracování)

Jestliže si uživatel vybere vyhodnocení již uloženého dodavatele v *.mat souboru, je vyzván k zadání jména tohoto souboru, ve kterém je dodavatel, jehož hodnocení chce znát. Při zadání neexistujícího názvu souboru je opět vyzván k zadání správného názvu. Po zadání správného názvu souboru se zobrazí číselný výsledek a slovní hodnocení.

```
Command Window
Pridat noveho dodavatele nebo otevrit jiz pridaneho? (0 - pridat, 1 - otevrit): 1
Zadejte nazev .mat souboru (nesmi obsahovat tecky): AAA
Musite zadat platny nazev .mat souboru.
Zadejte nazev .mat souboru (nesmi obsahovat tecky): Okna

vysledek =

    1.0000

Spise neodpovida pozadavkum
```

Obrázek 54: Ukázka vyhodnocení uloženého dodavatele (Zdroj: vlastní zpracování)

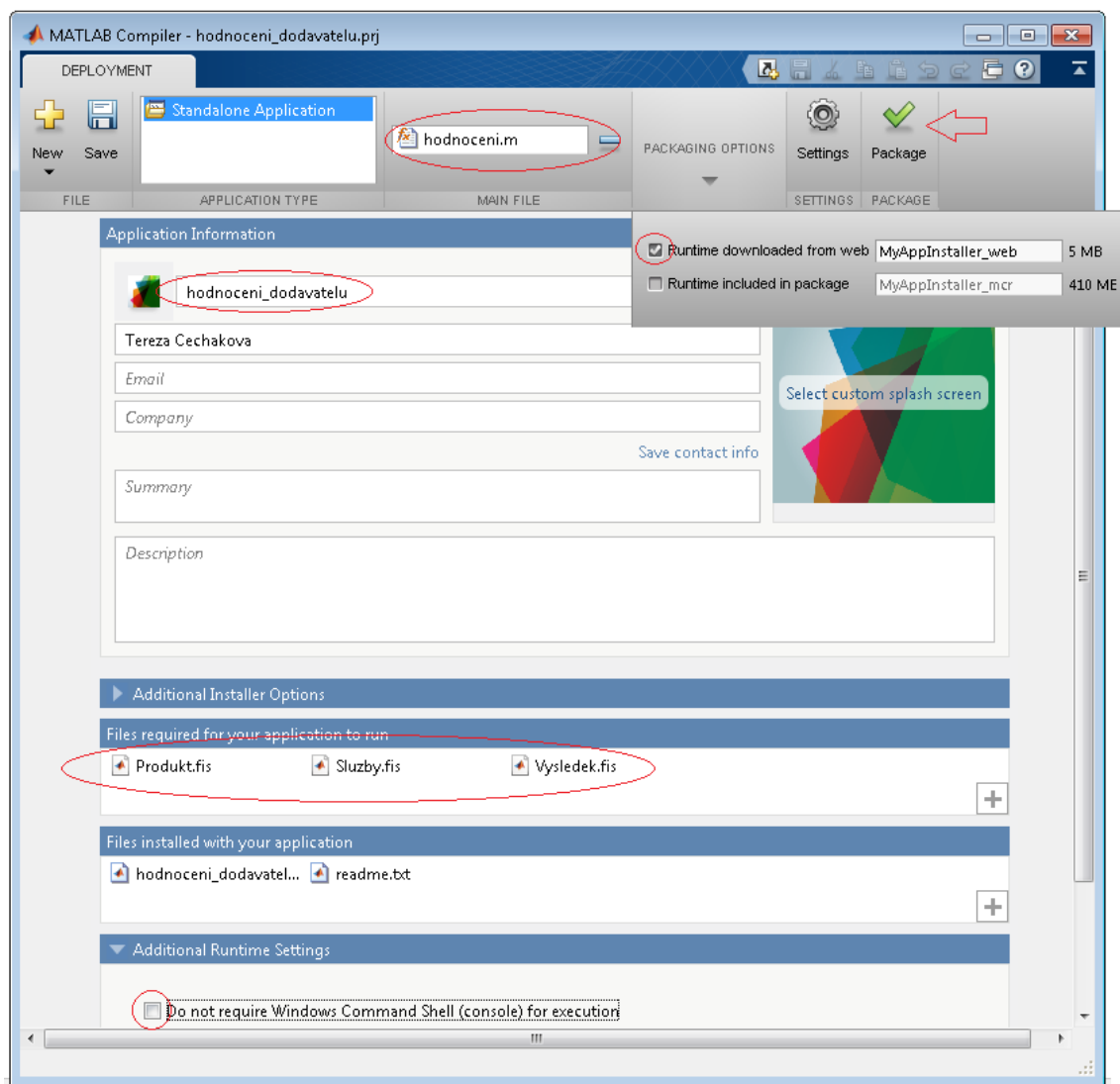
4.2.6 Vytvoření spustitelné aplikace

Program MATLAB obsahuje vestavěný kompilátor, který umožňuje tvorbu spustitelných *.exe souborů z naprogramovaných skriptů (m-souborů). To je možné pomocí příkazu *deploytool* zadaným přímo v Command Window MATLABu.

Po zadání příkazu se otevře okno, kde je třeba přidat hlavní m-soubor, zde *hodnoceni.m*, dále nastavit jméno projektu (aplikace), v tomto případě *hodnoceni_dodavatele*, přidat další soubory potřebné pro funkci programu, zde *.fis soubory. V případě, že aplikace neobsahuje grafické uživatelské rozhraní - GUI, je třeba odškrtnout zaškrťovací pole ve spodní části okna. Tímto bude aplikace využívat příkazovou řádku systému Windows. Dále je třeba zvolit, zda bude potřebný instalační soubor MATLAB Compiler Runtime (MCR) součástí aplikace nebo jej bude třeba stáhnout z webových stránek MathWorks. V tomto případě je vzhledem k velikosti aplikace zvolena druhá možnost. Poté stačí vše potvrdit tlačítkem Package [8].

Všechny uvedené parametry, které je třeba nastavit, jsou na následujícím obrázku označeny červeně.

Ukázka aplikace po spuštění pak bude ukázána na konkrétním příkladu v následující kapitole.



Obrázek 55: Okno pro vytvoření *.exe souboru v MATLABu (Zdroj: vlastní zpracování)

4.2.7 Testování systému na vybraném dodavateli

Pro testování v MATLABu jsem si zvolila stejného dodavatele jako v případě Excelu, a to ADITUS CZ s.r.o. Po spuštění m-souboru *hodnoceni.m* jsem vyplnila všechny parametry dodavatele a následně dostala výsledek. Na následujícím obrázku je zobrazen kompletní výpis parametrů dodavatele i hodnocení jednotlivých bloků a následně celkový výsledek, jak číselný tak slovní.

```
Command Window
Pridat noveho dodavatele nebo otevrit jiz pridaneho? (0 - pridat, 1 - otevrit): 0
Zadejte nazev dodavatele: ADITUS CZ, s.r.o.
Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): 1
Je k dispozici zakaznicka linka? (0 - Ne, 1 - Ano): 0
Jaky poskytuje firma servis? (0 - Zarucni, 1 - Pozarucni): 1
Podporuje firma program zelena usporam? (0 - Ne, 1 - Ano, 2 - Ano+): 0
Jakou širokou barevnou skalu oken firma nabizi? (0 - Zakladni, 1 - Stredni, 2 - Siroka): 0
Jaka je kvalita plastovych profilu? (0 - Nizka, 1 - Prumerna, 2 - Vysoka): 1
Zadejte pocet referenci: 32
Zadejte celkovou cenu: 203412

sluzby =

    1.0000

produkt =

    0.2315

vysledek =

    0.2232

Neodpovida pozadavkum
```

Obrázek 56: Ukázka vyhodnocení dodavatele v MATLAB (Zdroj: vlastní zpracování)

Výsledné hodnocení pro společnost ADITUS CZ, s.r.o. je Neodpovídá požadavkům. Toto hodnocení se mírně liší od výsledku v MS Excel, kde vyšlo *Spíše neodpovídá požadavkům*. Výsledek je odlišný z důvodu jiného principu výpočtu. Fuzzy logika se zde projeví, protože v MATLABu jsou spojitě vstupy Cena a Počet referencí. Každopádně oba výsledky naznačují, že tohoto dodavatele společnost neosloví.

Po vypsání výsledku se všechny zadané hodnoty uložily do *.mat a *.txt souboru. Nyní je možné se opakovaně podívat na celkové hodnocení dodavatele.

```
Command Window
Pridat noveho dodavatele nebo otevrit jiz pridaneho? (0 - pridat, 1 - otevrit): 1
Zadejte nazev .mat souboru (nesmi obsahovat tecky): ADITUS CZ

vysledek =

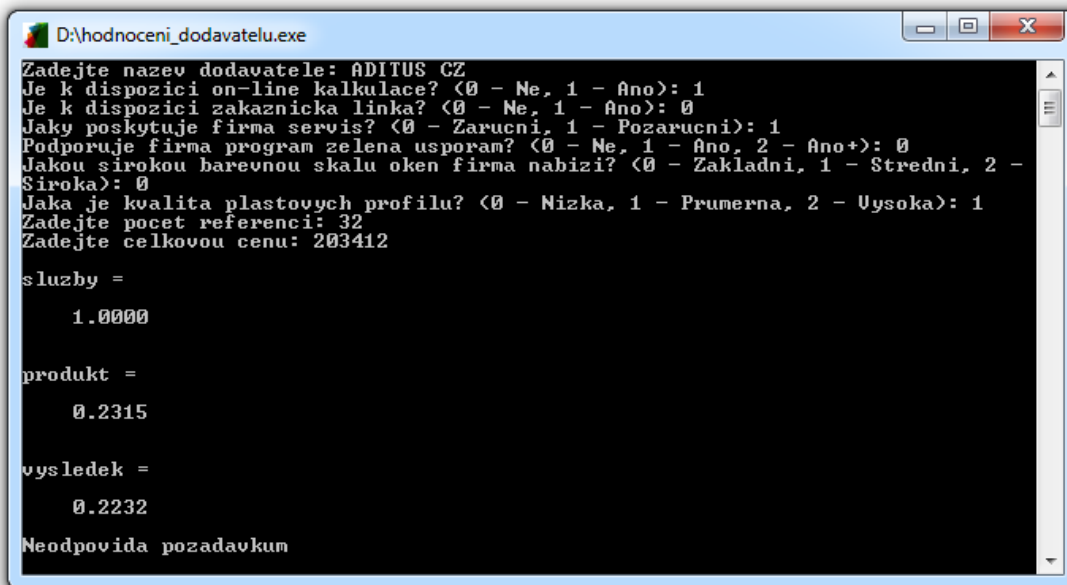
    0.2232

Neodpovida pozadavkum
```

Obrázek 57: Zobrazení hodnocení pomocí načtení *.mat souboru (Zdroj: vlastní zpracování)

Ukázka hodnocení dodavatele pomocí spustitelné *.exe aplikace

Aplikace se spustí otevřením souboru *hodnoceni_dodavatel.exe*. Po otevření souboru se objeví příkazový řádek Windows. Postup zadání parametrů dodavatele je stejný jako v případě spuštění skriptu přímo v MATLABu. Celá ukázka je na Obrázek 58. Po vyhodnocení výsledku se stejně jako při spuštění z MATLABu všechny zadané hodnoty a výsledek zapíše do textového souboru s názvem dodavatele, viz Obrázek 59.



```
D:\hodnoceni_dodavatel.exe
Zadejte nazev dodavatele: ADITUS CZ
Je k dispozici on-line kalkulace? (0 - Ne, 1 - Ano): 1
Je k dispozici zakaznicka linka? (0 - Ne, 1 - Ano): 0
Jaky poskytuje firma servis? (0 - Zarucni, 1 - Pozarucni): 1
Podporuje firma program zelena usporam? (0 - Ne, 1 - Ano, 2 - Ano+): 0
Jakou širokou barevnou skalu oken firma nabizi? (0 - Zakladni, 1 - Stredni, 2 - Siroka): 0
Jaka je kvalita plastovych profilu? (0 - Nizka, 1 - Prumerna, 2 - Uysoka): 1
Zadejte pocet referenci: 32
Zadejte celkovou cenu: 203412

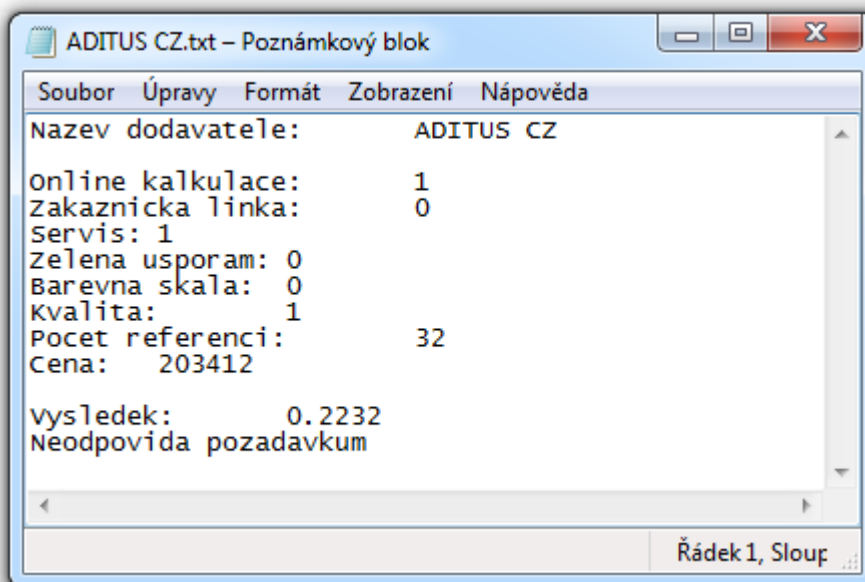
sluzby =
    1.0000

produkt =
    0.2315

vysledek =
    0.2232

Neodpovida pozadavkum
```

Obrázek 58: Vyhodnocení dodavatele pomocí spustitelné aplikace (Zdroj: vlastní zpracování)



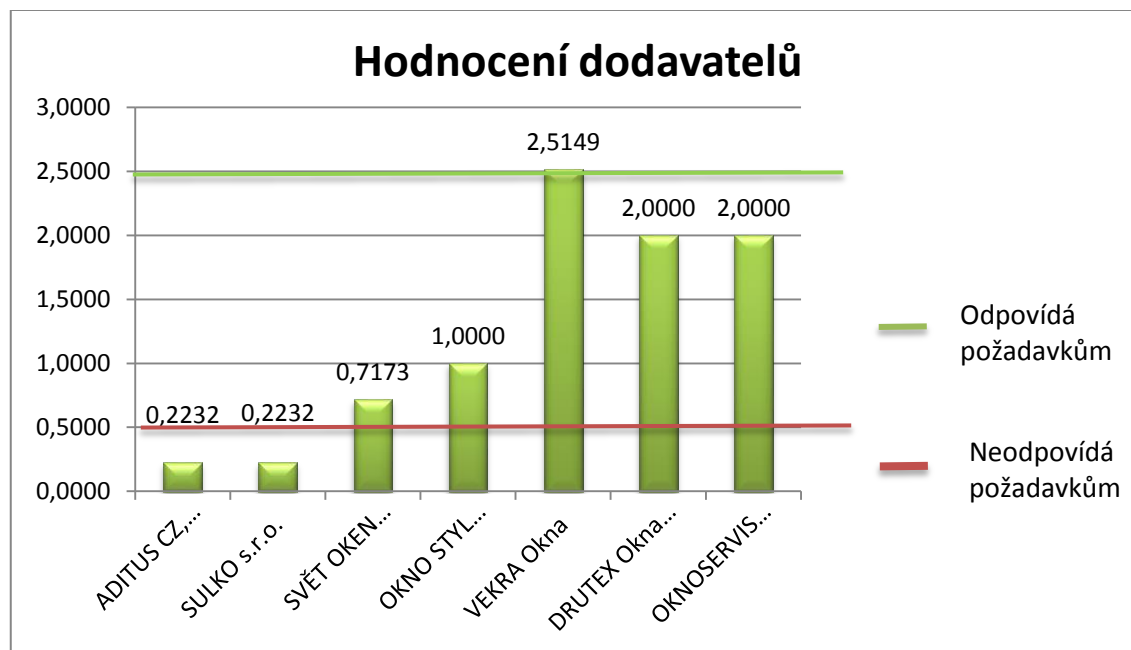
Obrázek 59: Ukázka uložení dat do textového souboru ze spustitelné aplikace (Zdroj: vlastní zpracování)

4.2.8 Hodnocení - MATLAB

Stejně tak jako byla předchozí ukázka hodnocení jednoho dodavatele, se vyhodnotí všichni dodavatelé, kteří jsou uloženi v MS Excel. Konečné výsledky jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 7: Celkové hodnocení dodavatelů - MATLAB (Zdroj: vlastní zpracování)

Dodavatel	Počet bodů	Hodnocení
ADITUS CZ, s.r.o.	0,2232	Neodpovídá požadavkům
SULKO s.r.o.	0,2232	Neodpovídá požadavkům
SVĚT OKEN s.r.o.	0,7173	Spíše neodpovídá požadavkům
OKNO STYL s.r.o.	1,0000	Spíše neodpovídá požadavkům
VEKRA Okna	2,5149	Odpovídá požadavkům
DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.ro.	2,0000	Spíše odpovídá požadavkům
OKNOSERVIS s.r.o.	2,0000	Spíše odpovídá požadavkům



Graf 2: Celkové hodnocení dodavatelů - MATLAB (Zdroj: vlastní zpracování)

Z tabulky a grafu je vidět, že nejvyšší hodnoty dosáhla VEKRA a jako jediná odpovídá požadavkům. Samozřejmě společnosti DRUTEX a OKNOSERVIS je také vhodné oslovit pro případné akce nebo změnu některých parametrů.

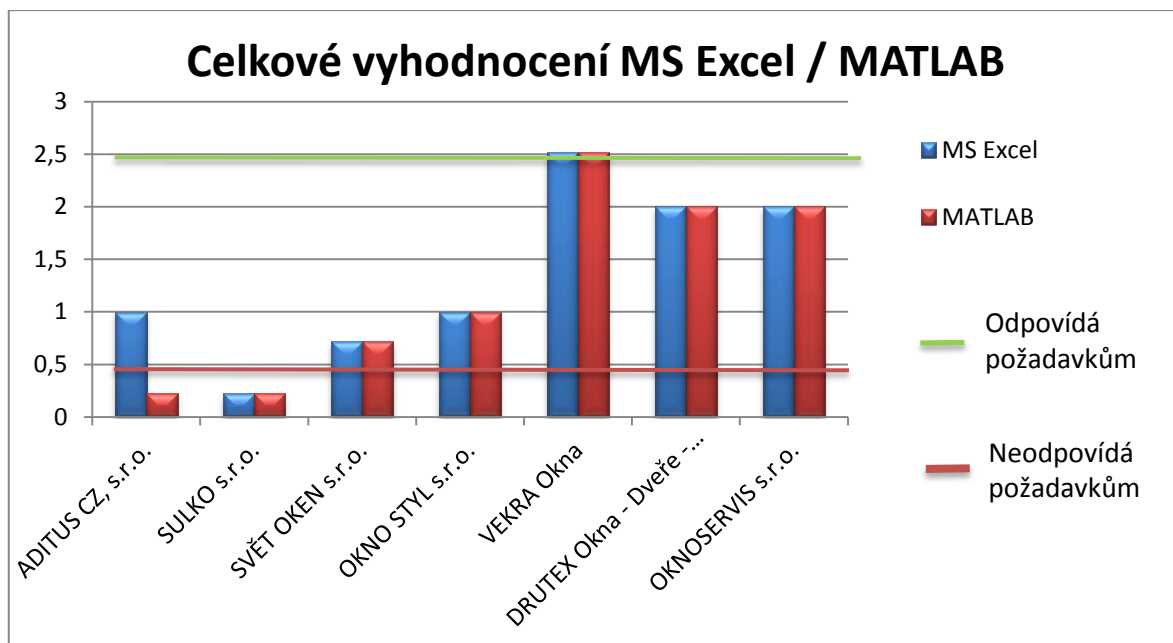
Nejnižšího výsledku dosáhly společnosti ADITUS CZ a SULKO, v jejich případě nemá smysl u nich okna poptávat.

4.3 Vyhodnocení výběru dodavatele pomocí MS Excel a MATLAB

Při srovnání výsledku hodnocení dodavatelů v MS Excel a v MATLABu nelze využít bodové hodnocení. V MS Excel je rozsah hodnot od 20 do 62 a v MATLABu je rozmezí od 0 do 3. Proto je možné srovnávat např. pomocí slovních hodnot. Srovnání obou přístupů jsem provedla pomocí následující tabulky a grafu.

Tabulka 8: Celkové hodnocení dodavatelů - porovnání MS Excel a MATLAB (Zdroj: vlastní zpracování)

Dodavatel	Počet bodů MS Excel	Počet bodů MATLAB	Hodnocení MS Excel/MATLAB
ADITUS CZ, s.r.o.	42	0,2232	Spíše neodpovídá/ neodpovídá požadavkům
SULKO s.r.o.	32	0,2232	Neodpovídá požadavkům
SVĚT OKEN s.r.o.	45	0,7173	Spíše neodpovídá požadavkům
OKNO STYL s.r.o.	44	1,0000	Spíše neodpovídá požadavkům
VEKRA Okna	56	2,5149	Odpovídá požadavkům
DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o.	51	2,0000	Spíše odpovídá požadavkům
OKNOSERVIS s.r.o.	48	2,0000	Spíše odpovídá požadavkům



Graf 3: Celkové hodnocení dodavatelů - MS Excel, MATLAB (Zdroj: vlastní zpracování)

Jak lze vidět z grafu i z tabulky tak výsledky se nijak zásadně neliší. V obou případech dosáhl nejlepšího hodnocení dodavatel VERKA Okna.

Naopak nejhorší hodnocení získal v obou případech dodavatel SULKO s.r.o. V případě použití MATLABu vyšlo hodnocení Neodpovídá požadavkům také ještě u dodavatele ADITUS CZ, s.r.o. Tento rozdíl je dán především rozdílností obou přístupů vyhodnocování. V případě MATLABu se zřejmě projevil právě vliv fuzzy logiky zejména pro vstupy Cena a Počet referencí.

4.4 Přínos návrhu řešení

Zavedení fuzzy modelu do společnosti HK ŠROT s.r.o. není nikterak náročné z hlediska technologického ani finančního. Společnost disponuje aplikací MS Excel a díky možnosti převedení fuzzy systému vytvořeného v MATLABu na spustitelný *.exe soubor není třeba zakoupit celý software MATLAB, ale stačí pouze stáhnout příslušný runtime, který je k dispozici zdarma na webových stránkách firmy MathWorks. Oba programy nejsou příliš náročné na software ani hardware počítače, tudíž je lze spustit na prakticky libovolném kancelářském počítači.

Celý systém v MS Excelu umožňuje vytvoření malé databáze dodavatelů, která se dá lehce aktualizovat, umožňuje přidávat nové dodavatele a odebírat dodavatele. Systém je poměrně intuitivní a snadný na obsluhu. Stejně tak aplikace v MATLAB po zadání parametrů dodavatele ihned vypíše výsledek. Tudíž pro obsluhu obou systémů není potřeba časově náročné školení a dokáže s nimi pracovat jakýkoliv pracovník z firmy.

Samotný systém je také poměrně univerzální pro výběr dodavatele oken. Je možné ho využívat při různých typech staveb. Pro jeho nenáročnost ho mohou používat jak fyzické osoby, tak obchodní společnosti např. stavební společnosti. Samozřejmě každý zákazník má jiná kritéria pro výběr. Avšak pro tyto případy lze jednoduše vytvořit jiné váhy pro vstupy, změnit dodavatele, či hranice přijetí dodavatele.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření rozhodovacího systému pro výběr dodavatele plastových oken založeného na využití fuzzy logiky. Systém byl primárně realizován pro společnost HK ŠROT, s.r.o., ale je využitelný i pro jiné firmy, které hledají dodavatele oken.

Úvodní část se věnuje teoretickým východiskům. Popisuje fuzzy logiku a proces fuzzy zpracování. Dále je popsán obecný postup tvoření rozhodovacího systému v MS Excel, který je tvořen ze dvou částí. V první části je ukázka tvoření matic a v druhé popsán editor pro tvorbu uživatelského rozhraní pomocí Visual Basic for Application. Následující kapitola popisuje Fuzzy Logic Toolbox v prostředí MATLAB a jeho základních pět grafických nástrojů.

Analýza současného stavu představuje společnost HK ŠROT s.r.o. Na základě konzultace s touto společností byly vybrány atributy, které jsou důležité pro hodnocení dodavatele plastových oken. Dále je zahrnut i stručný popis jednotlivých dodavatelů, kteří byli vybráni.

Samotný návrh řešení zahrnuje vytvoření modelu jak v MS Excel, tak v programu MATLAB. Prostředí MS Excel je tvořeno pomocí naprogramovaných formulářů, kde si uživatel vybere dodavatele a do tabulky se vypíše výsledek jak číselný, tak slovní. Aplikace taktéž umožňuje přidávat, upravovat či mazat dodavatele. Dodavatelé se hodnotí pomocí vybraných atributů. Model vytvořený v programu MATLAB obsahuje stejné vstupní atributy jako MS Excel. Pro přehlednost a zredukování počtu pravidel jsou rozděleny do bloků. Pro vkládání hodnot jednotlivých dodavatelů je vytvořen *.m soubor, který po spuštění vyzve uživatele k zadání hodnot a na konci vypíše výsledek. Z důvodu absence programu MATLAB ve společnosti byl celý model převeden do *.exe souboru, který je spustitelný i bez nainstalování MATLABu v počítači. Pro správnou funkci stačí pouze ze stránek MathWorks stáhnout MCR Installer, který je k dispozici zdarma. Výsledkem obou modelů jsou stavy: Odpovídá požadavkům, Spíše odpovídá požadavkům, Spíše neodpovídá požadavkům, Neodpovídá požadavkům.

Výsledky dodavatelů pomocí obou rozhodovacích systémů byly až na jednu výjimku velmi podobné. Hodnocení ukázalo, že často preferovaná cena by zdaleka neměla být jediným faktorem, podle kterého se řídit při výběru dodavatele. Důkazem toho může být výsledné hodnocení dodavatelů, kde se na základě vyhodnocení všech atributů na předních příčkách umístily společnosti s velmi odlišnou cenovou nabídkou. Neplatí tedy, alespoň v tomto případě, ani tvrzení, že kvalita je úměrná výši ceny.

Podařilo se mi vytvořit a implementovat rozhodovací systém pro výběr dodavatele plastových oken v prostředí MS Excel a MATLAB pro firmu HK ŠROT, s.r.o., která plánuje jejich využití při stavbě nové pobočky i pro další plánované stavby. Oba systémy jsou poměrně univerzální a je možné je po drobných modifikacích využít i jinými firmami, které plánují výstavbu či rekonstrukci budov.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOSTÁL, P. *Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 340 s. ISBN 978-80-7204-605-8.
- [2] JURA, P. *Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování*. Vyd. 1. Brno: VUTUM, 2003, 132 s. ISBN 80-214-2261-0.
- [3] THE MATHWORKS. *MATLAB – Fuzzy Logic Toolbox - User's Guide*. The MathWorks, Inc. c1995-2001.
- [4] MODRLÁK, O. *Fuzzy řízení a regulace*. [online]. 2002 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.kirp.chof.stuba.sk/~bakosova/wwwRTP/tar2fuz.pdf>.
- [5] DOSTÁL, P. *Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, 713 s. ISBN 978-80-7204798-7.
- [6] KRÁL, M. *Excel VBA: výukový kurz*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 504 s. ISBN 978-80-251-2358-4.
- [7] LAURENČÍK, M., BUREŠ, M. *Programování v Excelu 2010 & 2013: záznam, úprava a programování maker*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2013, 198 s. ISBN 978-80-247-5033-0.
- [8] DOSTÁL, P. *Soft computing v podnikatelské a veřejné správě*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015, 2sv. ISBN 978-80-7204-896-0.
- [9] THE MATHWORKS, INC. *Fuzzy Logic Toolbox*. [online]. c1994-2015 [2015-04-12] Dostupné z: <http://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic/index.html>.
- [10] HK ŠROT, s.r.o. *O nás* [online]. [2015] [cit. 2015-03-01] Dostupné z: <http://www.hksrot.cz/o-nas/>
- [11] JUSTICE.CZ *Veřejný rejstřík a sbírka listin*. [online]. c2012-2014 [2015-05-10]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=236281&typ=PLATNY>

- [12] ADITUS CZ, s.r.o. *Proč si myslíme, že jsme pro vás ti praví?* [online]. c2013-2015 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.oknaostrava.cz/cs/proc-okna-od-nas.html>
- [13] SULKO s.r.o. *Historie* [online]. c2015 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.sulko.cz/firma/historie.html>
- [14] SVET OKEN s.r.o. *Český výrobce oken a dveří* [online]. c2015 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.svet-oken.cz/cz/o-spolecnosti.html>
- [15] OKNOSTYL, s.r.o. *O nás* [online]. c2008-2011 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.oknostyl.cz/o-nas/>
- [16] VEKRA OKNA *O společnosti* [online]. c2014 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.vekra.cz/o-spolecnosti/historie.aspx>
- [17] DRUTEX *O firmě* [online]. c2014 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: http://www.drutex.cz/o_firme.html
- [18] OKNOSERVIS *O společnosti OKNOSERVIS s.r.o.* c2015 [cit. 2015-05-10] Dostupné z: <http://www.dvere-okna-plastova-hlinikova.cz/>
- [19] HK ŠROT, s.r.o. *Stavební plán*. Frýdek - Místek: HK ŠROT, 2014.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obrázek 1: a) Charakteristická funkce množiny $\mu_A(x)$, b) Funkce příslušnosti $\mu_A(x)$	12
Obrázek 2: Ostrá a neostrá (fuzzy) hranice mezi množinami.....	13
Obrázek 3: Rozhodování řešení fuzzy zpracováním	13
Obrázek 4: Průběh a definice Γ funkce.....	14
Obrázek 5: Průběh a definice L funkce	14
Obrázek 6: Průběh a definice Λ funkce	14
Obrázek 7: Průběh a definice Π funkce	14
Obrázek 8: Vlastnosti fuzzy množiny.....	15
Obrázek 9: Metoda nejvýznamnějšího maxima.....	16
Obrázek 10: Metoda těžiště	17
Obrázek 11: Editor VBA	21
Obrázek 12: Hlavní komponenty fuzzy inferenčního systému.....	22
Obrázek 13: FIS editor.....	23
Obrázek 14: Membership editor	24
Obrázek 15: Rule editor	25
Obrázek 16: Rule viewer	26
Obrázek 17: Surface viewer.....	27
Obrázek 18: M-soubor s příkazy pro práci s fuzzy systémem.....	28
Obrázek 19: Logo společnosti HK ŠROT, s.r.o.	29
Obrázek 20: Logo společnosti ADITUS CZ, s.r.o.....	33
Obrázek 21: Logo společnosti SULKO s.r.o.	34
Obrázek 22: Logo společnosti SVĚT OKEN s.r.o.	34
Obrázek 23: Logo společnosti OKNO STYL s.r.o.	35
Obrázek 24: Logo společnosti VEKRA OKNA	35
Obrázek 25: Logo společnosti DRUTEX Okna - Dveře - Fasády, spol. s.r.o.	35
Obrázek 26: Logo společnosti OKNOSERVIS s.r.o.	36
Obrázek 27: List Hlavní strana	38
Obrázek 28: Formulář pro výběr dodavatele	38
Obrázek 29: Formulář pro přidání nového dodavatele	39
Obrázek 30: Ukázka kódu ošetření hodnot.....	40

Obrázek 31: Formulář pro smazání dodavatele	41
Obrázek 32: Formulář pro změnu dodavatele.....	42
Obrázek 33: List Transformační matice	43
Obrázek 34: List Seznam dodavatelů	43
Obrázek 35: List Stavová matice	44
Obrázek 36: Přidání dodavatele ADISTUS CZ s.r.o.	45
Obrázek 37: Transformační matice pro ADITUS CZ s.r.o.....	46
Obrázek 38: Stavová matice pro ADITUS CZ s.r.o.	46
Obrázek 39: Vyhodnocení dodavatele ADISTUS CZ s.r.o.	47
Obrázek 40: Fuzzy model pro MATLAB.....	51
Obrázek 41: FIS Editor - Blok Služby.....	52
Obrázek 42: FIS Editor - Blok Produkt	52
Obrázek 43: FIS Editor - Blok Výsledek.....	53
Obrázek 44: Vstupní funkce členství Kvalita	54
Obrázek 45: Výstupní funkce členství Produkt	54
Obrázek 46: Rule editor pro blok Produkt.....	55
Obrázek 47: Surface Viewer - Produkt.....	56
Obrázek 48: Rule Viewer pro blok Produkt	57
Obrázek 49: Ukázka zadávání nového dodavatele	57
Obrázek 50: Ukázka ošetření vstupů pomocí výjimek	58
Obrázek 51: Ukázka ošetření nesprávně zadaných hodnot	58
Obrázek 52: Vyhodnocení fuzzy systémů	59
Obrázek 53: Ukázka uložení dat do textového souboru	60
Obrázek 54: Ukázka vyhodnocení uloženého dodavatele	60
Obrázek 55: Okno pro vytvoření *.exe souboru v MATLABu.....	62
Obrázek 56: Ukázka vyhodnocení dodavatele v MATLAB.....	63
Obrázek 57: Zobrazení hodnocení pomocí načtení *.mat souboru	63
Obrázek 58: Vyhodnocení dodavatele pomocí spustitelné aplikace	64
Obrázek 59: Ukázka uložení dat do textového souboru ze spustitelné aplikace	64

Seznam tabulek

Tabulka 1: Transformační matice - popis	18
Tabulka 2: Transformační matice - ohodnocení	18
Tabulka 3: Stavová matice.....	18
Tabulka 4: Retransformační matice	19
Tabulka 5: Požadavky společnosti HK ŠROT s.r.o. na okna	31
Tabulka 6: Celkové hodnocení - MS Excel	48
Tabulka 7: Celkové hodnocení dodavatelů - MATLAB	65
Tabulka 8: Celkové hodnocení dodavatelů - porovnání MS Excel a MATLAB.....	66

Seznam grafů

Graf 1: Celkové hodnocení - MS Excel.....	49
Graf 2: Celkové hodnocení dodavatelů - MATLAB	65
Graf 3: Celkové hodnocení dodavatelů - MS Excel, MATLAB	67

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Hodnocení dodavatelů - MS Excel

Příloha 2: Hodnocení dodavatelů - MATLAB

Příloha 3: Hodnocení dodavatelů - spustitelná aplikace